

平成 27 年度

修 士 論 文

市街地の地形・土地利用と  
豪雨災害に関する研究

首都大学東京大学院 都市環境科学研究科

都市基盤環境学域 環境水理学研究室

亀 井 桂 佑

指導教員 准教授 横山勝英

# 市街地の地形・土地利用と豪雨災害に関する研究

学修番号 14885417 亀井 桂佑  
都市基盤環境学域 水工学研究室  
指導教員 准教授 横山 勝英

## 1. 研究背景

近年、気候が極端化しており、豪雨による災害が全国各地で頻発している。場所によっては時間雨量 120 mm, 3 日間雨量 1000 mm という極端な雨が発生している。土砂災害は豪雨により誘発されるが、雨以外の発生要因として、災害ポテンシャルの高い場所に居住域が広がっていることが挙げられる。そのため行政は、土砂災害防止法を策定し、土砂災害警戒区域の指定を進めている。これは地形図から斜面角度を計算し、机上で抽出したものであり、その策定方法は全国的に統一されている。

しかし、市街地の発達状況や雨の降り方には地域性があり、特に都市圏では平地の地価が高いために、安価な斜面の開発が進行しやすい傾向がある。そのため、都市圏に絞った詳細な検討が必要である。本研究では神奈川県横浜市および川崎市を対象として、土砂災害の発生状況、過去 40 年間の土地利用の変化と、同期間における降雨の関係を解析し、今後の見通しについて考察した。

## 2. 研究方法

研究対象地は神奈川県の横浜市と川崎市である(図 1)。関東北部とは異なって市域の大半が丘陵地帯であり、臨海部まで斜面が迫っている。使用データは①国土地理院 10 m 数値標高モデル (DEM) , ②国土地理院・土地利用 100 m 細分メッシュデータ (1976 年, 1987 年, 1991 年, 1997 年, 2006 年) , ③神奈川県土砂災害記録マップ (1974 年～2004 年) , ④気象庁アメダス雨量記録である。

まず、地理情報システム解析ソフト ArcGIS を用いて、DEM を取り込んで 12.5 m メッシュ地形および 50 m メッシュ地形を作成した。これから、各メッシュの傾斜角を求め角度分布図と重ね合わせて、年代別に土地利用と傾斜角の対応関係を整理した(図 2)。土砂災害記録マップはラスタ画像であるため、ArcGIS に取り込んでから 760 の災害箇所を手作業でプロットしてゆき(図 1)、災害箇所の傾斜角および土地利用情報を抽出し、これを 1976 年から 2006 年まで整理した。さらに、1976 年から 2015 年までの降雨状況を、最大時間雨量を軸に整理した。

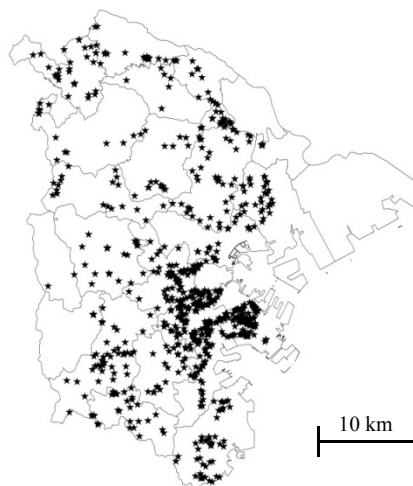


図 1 研究対象地

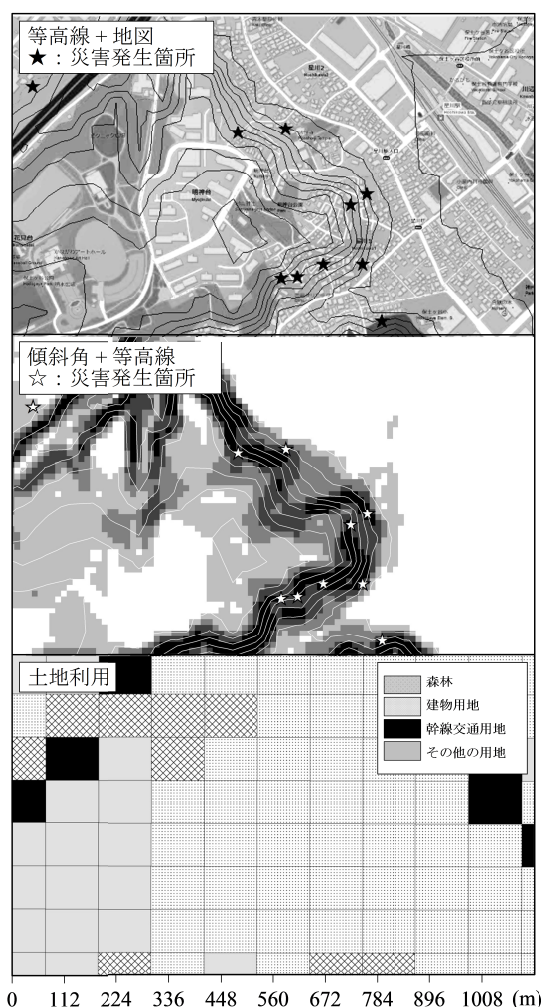


図 2 各種 GIS データ

### 3. 分析結果

最初に、傾斜角と実際の地形の対応関係を検証した。12.5 m メッシュでは住宅街や隣接する崖地の傾斜角を反映できていたが、50 m メッシュでは実際の地形状況よりも低い値となり、概ね半分の値になることがわかった。そのため、階段状の宅地や裏山の崖地を表現するには 12.5 m が適していることが分かった。

次に、研究対象地の標高、傾斜角、土地利用の経年変化、土砂災害の発生件数の各分布図を整理した。標高は海岸・河川沿いが 2～10 m、丘陵地帯では 30～90 m であった。傾斜角は 0～60 度であった。

#### 3-1. 傾斜角と土地利用の関係

1974 年から 2006 年にかけて、標高や傾斜角によらず建物用地の割合が増加し、森林の割合が減少していた（図 3）。特に、0 度～5 度の範囲では、建物用地が 40 %から 60 %に増加した一方で、森林・荒地の割合は 20 %からわずか 9 %にまで減少していた。

#### 3-2. 傾斜角と土砂災害件数、土地利用、降雨

土砂災害発生件数は傾斜角 0～20 度の範囲に集中しており、特に 5～10 度での件数が多かった（図 4）。傾斜角 5～10 度での災害発生地点は、80 %が建物用地であった。平坦地でも比較的多くの災害が発生しているのは、図 5 に示すように宅地裏の崖地が崩れたと考えられる。さらに、1976 年以降の降雨状況を調べた。一般に言われている時間 50 mm 以上の豪雨は横浜では過去 40 年間に 8 回であり、経年的な増加傾向は認められなかった。しかし、時間 15 mm 以上として整理し直すと、1976 年～1985 年は 5.7 回／年、2006 年～2015 年は 10.3 回／年と増加しており、2000 年頃を境にして強雨回数が増加していることが分かった（図 6）。

### 4. 考察

傾斜角と土地利用の関係について、傾斜角の大きな地域での建物用地の割合が増加していた。これより、経年的に斜面の開発が進んでいることが明確に示された。また、降雨状況として、北関東や東京都心で発生するようなゲリラ豪雨は横浜・川崎ではあまり発生していないが、しかし斜面開発によって土砂災害は多く発生しており、斜面開発も進行していることから、今後、地球温暖化等の影響によりゲリラ豪雨が首都圏南部でも発生するようになれば、さらに災害の危険性は増すと考えられる。

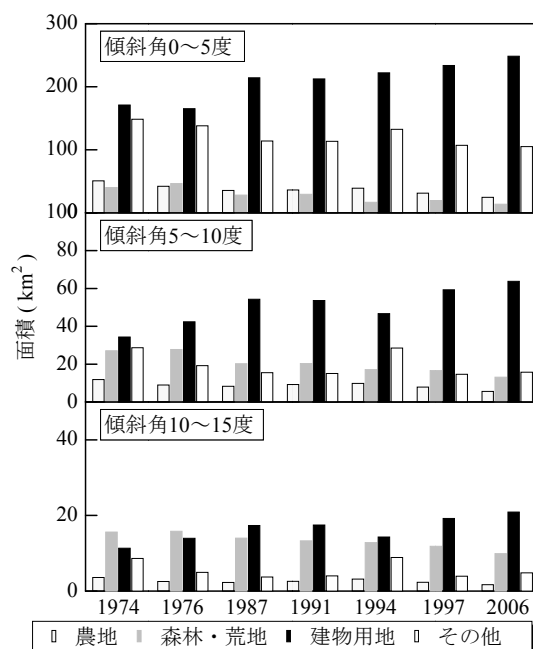


図 3 土地利用面積

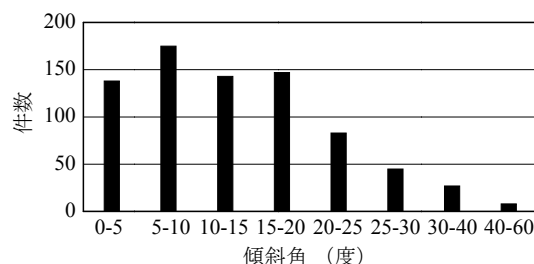


図 4 傾斜角別土砂災害発生件数

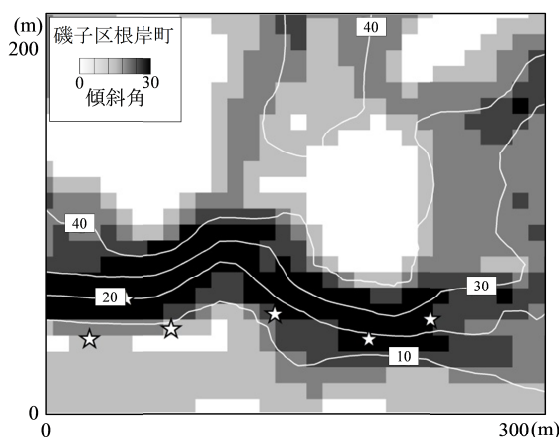


図 5 土砂災害発生箇所と傾斜角の関係

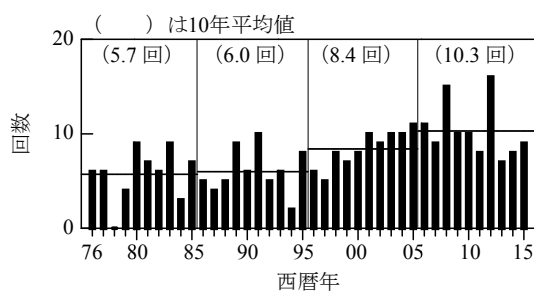


図 6 15 mm/h 以上の降雨回数

# 目次

## 第一章 序論

1-1 研究背景	・・・ 1
1-2 既往の研究や法整備	・・・ 7
1-3 論文構成	・・・ 9

## 第二章 研究方法

2-1 研究対象地の概要	・・・ 10
2-2 GIS を用いた解析手法	
2-2-1 GIS について	・・・ 14
2-2-2 GIS ソフトを使用する上で注意すること	・・・ 15
2-2-3 解析に使う主な GIS データの種類	・・・ 17
2-2-4 ベクタデータ	・・・ 18
2-2-5 データの解析手法	・・・ 19
2-3 データ概要・収集方法と運用	
2-3-1 土地利用データ（100 m メッシュ）の概要	・・・ 21
2-3-2 土地利用細分メッシュデータの収集方法と運用	・・・ 22
2-3-3 土地利用データ（10 m メッシュ）の概要	・・・ 29
2-3-4 土地利用細分メッシュデータと細密数値情報の対応	・・・ 32
2-3-5 細密数値情報の収集方法と運用	・・・ 35
2-3-6 標高データ（10 m メッシュ）の収集方法と運用	・・・ 37
2-3-7 傾斜角（12.5 m, 50 m メッシュ）	・・・ 38
2-3-8 土砂災害発生地点	・・・ 39
2-3-9 気象庁アメダス雨量記録	・・・ 48

## 第三章 分析結果

3-1 データ分析の精度確認	
3-1-1 12.5 m メッシュ傾斜角と 50 m メッシュ傾斜角の比較	・・・ 49
3-1-2 12.5 m メッシュの実際の地形との対応確認	・・・ 56
3-1-3 標高・傾斜角・災害発生地点の対応関係	・・・ 59
3-1-4 土地利用の経年変化と災害発生地点	・・・ 68
3-2 統計的分析の結果	
3-2-1 土地利用データの整理	・・・ 74
3-2-2 土地利用データ（10 m, 100 m メッシュ）の処理時間	・・・ 75



3-2-3	傾斜角と土地利用の関係	・・・76
3-2-4	傾斜角と土砂災害件数，土地利用	・・・83
3-2-5	降雨状況	・・・84
<b>第四章 考察</b>		
4-1	平坦地における土砂災害の検討	・・・90
4-1-1	地点1の検証	・・・91
4-1-2	地点2の検証	・・・94
4-1-3	地点3の検証	・・・98
4-1-4	検証結果のまとめ	・・・102
4-2	傾斜角抽出方法の再検討	
4-2-1	バッファ処理	・・・103
4-2-2	バッファ処理結果	・・・105
4-2-3	バッファ 20 m 結果の内訳	・・・109
4-3	降雨状況の考察	・・・110
<b>第五章 まとめ</b>		・・・111
参考文献		・・・113
謝辞		・・・115

# 第一章 序論

## 1-1 研究背景

我が国は国土の約 70 %が山地であり、地質が脆弱で地形が急峻であるところが多いため、毎年のように土砂災害が発生し、多くの人命や財産を失っている。加えて、近年気候が極端化しており、「ゲリラ豪雨」と呼ばれるような局所的集中豪雨が急増している。場所によっては 1 時間雨量 120 mm, 3 日間雨量 1 000 mm を超えるような極端な降雨も発生している。

表 1-1 に、1 時間雨量が人々の生活に与える影響をまとめた。一般的に、土砂災害警戒区域では、1 時間雨量が 30 mm を超えると災害発生の警戒が始まり、50 mm を超えると、災害発生の危険率が急増すると言われている。つまり、豪雨による土砂災害は、1 時間雨量が 50 mm 以上の降雨回数と密接な関係があると考えられる。

気象庁では、1976 (S51) 年から 2014 (H26) 年までの、全国約 1 300 箇所の観測地点における 1 時間雨量 50 mm 以上、及び 80 mm 以上の豪雨発生回数をまとめている(図 1-1, 図 1-2)。それを基に 10 年平均値を求め、棒グラフに加筆した。これより、全国的に見ると、1 時間雨量 50 mm 以上の降雨は 1 年に 200 回近く発生しており、その回数は年々増加傾向にある事が分かる。また、1 時間雨量 80 mm 以上の年間豪雨回数についても同様に増加傾向であることが分かる。

国土交通省では、1978 (S53) 年から 2013 (H25) 年までの全国における土砂災害発生件数の統計を取っており(図 1-3)、図 1-1, 図 1-2 と同様に 10 年平均値を算出し、図 1-3 に加筆した。

土砂災害は毎年 1 000 回近く発生しており、豪雨回数と比例して土砂災害発生回数も増加していることが分かる。

表 1-2 は、全国を対象に、2004 年から 2014 年までの過去 10 年間に発生した豪雨災害のうち、甚大な被害をもたらした主な豪雨災害について、その発生要因、被害状況、降水量等を独自に調査し、まとめたものである。降水量については選択する観測所の違いにより数値は異なるため、目安扱いにはなるが、すべての災害において、その最大時間雨量は 50 mm を超えており、例えば、死者 30 名以上を出した 2013 年東京都大島町(伊豆大島)における土砂災害では 1 時間雨量 122.5 mm を記録している。

以上のことから、1 時間雨量が 50 mm を超えるような非常に激しい降雨イベントがあるところ、土砂災害が発生しやすいことが推察できる。

また、上述の通り土砂災害は主に豪雨により誘発されることが考えられるが、雨以外の発生要因として、災害ポテンシャルの高い場所に居住域が広がっていることも挙げられる。2014 (H26) 年、広島県の住宅街の裏山で豪雨により大規模な土砂崩れが発生し、家屋の損壊が 126 戸、死者が 72 名という大災害が発生したことは記憶に新しい(図 1-3)。また、2011 (H23) 年には、台風 12 号豪雨により、和歌山県を中心に、紀伊半島において大規模な土

砂災害が発生した。被害状況は、家屋損壊 367 棟、死者 56 名で、降雨状況は 1 時間雨量 132 mm、総雨量 1 800 mm であった。紀伊半島は、険しい山が多く平野部が少ない地域であり、山地を切り開いて住宅地として開発された都市が多い。

このように、平地での宅地需要の逼迫から、人々が急斜面や山際に割安の戸建て住宅を買い求めた結果、斜面の宅地開発が進んでいることも、災害発生を助長していると考えられる。そのため行政は、土砂災害防止法を策定し、土砂災害警戒区域の指定を進めている。これは地形図から斜面角度を計算し、机上で抽出したものであり、その策定方法は全国的に統一されている。

しかし、市街地の発達状況や雨の降り方には地域性があり、特に都市圏では平地の地価が高いために、安価な斜面の開発が進行しやすい傾向がある。その背景には、都市部において人口・世帯の増加が続いており、新たな宅地を求めて斜面地を開発していると考えられる。そのため、都市圏に絞った詳細な検討が必要である。そこで本研究では、神奈川県横浜市および川崎市を対象として、土砂災害の発生状況、斜面における傾斜角と土砂災害発生の関係性、過去 30 年間の土地利用の変遷、同期間における降雨状況の変遷を解析し、今後の見通しについて考察した。

表 1－1 1 時間雨量別の人々の生活への影響の目安

1時間雨量 (mm)	10以上～20未満	20以上～30未満	30以上～50未満	50以上～80未満	80以上～
予報用語	やや強い雨	強い雨	激しい雨	非常に激しい雨	猛烈な雨
人の受けるイメージ	ザーザーと降る	どしゃ降り	バケツをひっくり返したように降る	滝のように降る (ゴーゴーと降り続く)	息苦しくなるような 圧迫感がある 恐怖を感じる
人への影響	地面からの跳ね返りで足元がぬれる	傘をさしていてもぬれる		傘は全く役に立たなくなる	
屋内 (木造住宅を想定)	雨の音で話し声が 良く聞き取れない	寝ている人の半数くらいが 雨に気がつく			
屋外の様子	地面一面に水たまりができる		道路が川のように なる	水しぶきであたり一面が 白っぽくなり、 視界が悪くなる	
車に乗っていて		ワイパーを速くしても 見づらい	高速走行時、車輪と 路面の間に水膜が生じ、 ブレーキが効かなくなる (ハイドロプレーニング現象)	車の運転は危険	
災害発生状況	この程度の雨でも 長く続く時は注意が必要	側溝や下水、小さな 川があふれ、 小規模の崖崩れが始まる	・ 山崩れ・崖崩れが 起きやすくなり 危険地帯では 避難の準備が必要 ・ 都市では下水管から 雨水があふれる	・ 都市部では 地下室や地下街に 雨水が流れ込む 場合がある ・ マンホールから 水が噴出する ・ 土石流が 起こりやすい ・ 多くの災害が 発生する	雨による大規模な 災害の発生する恐れが強く、 厳重な警戒が必要

(気象庁 HP より引用・作成)

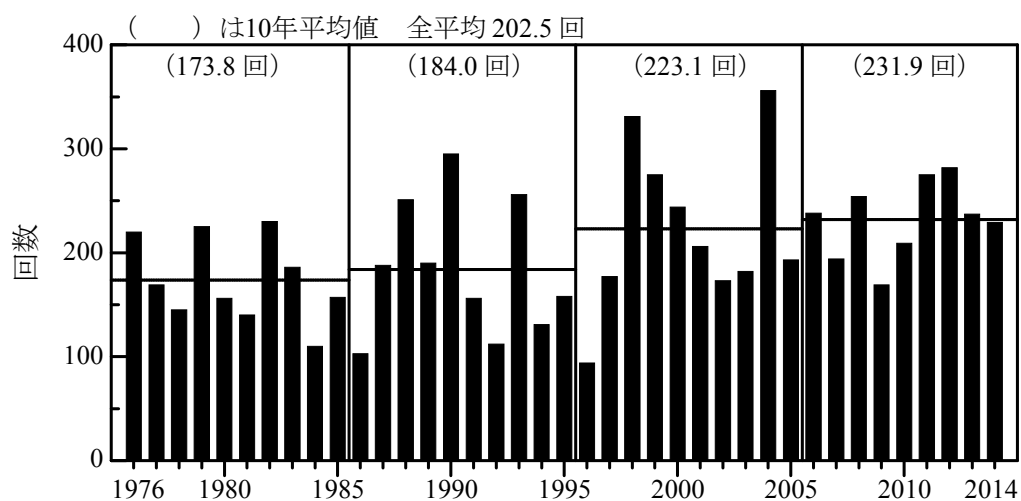


図 1 - 1 時間雨量 50 mm 以上の豪雨回数 (気象庁 HP より引用・加筆)

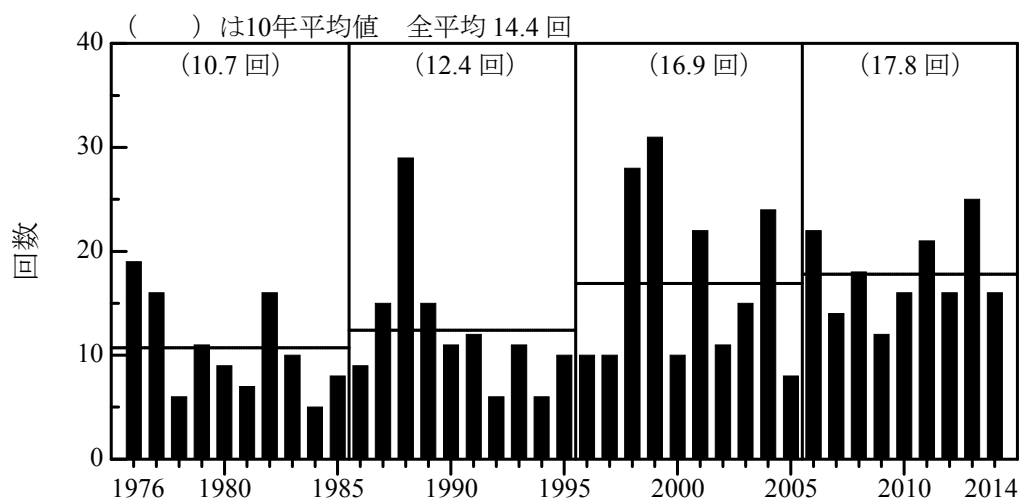


図 1 - 2 時間雨量 80 mm 以上の降雨回数 (気象庁 HP より引用・加筆)

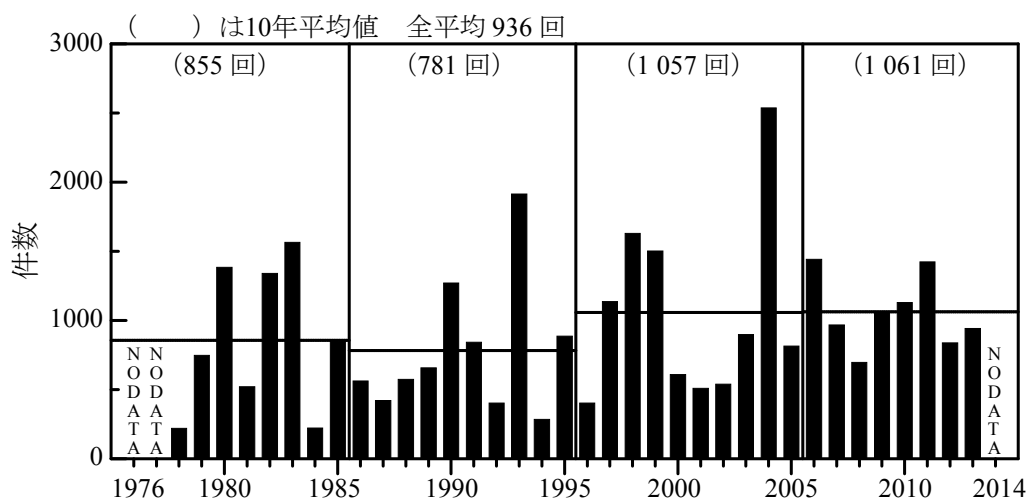


図 1 - 3 土砂災害発生件数 (国土交通省 HP より引用・加筆)

表 1－2 過去 10 年間ににおける主な土砂災害

日時	場所	災害名称	主な要因	土砂災害発生件数	人命被害	家屋被害	降水量
2004年7月13日	新潟県中部	平成16年7月 新潟・福島豪雨	梅雨前線 による豪雨	土石流18件 地すべり98件 崖崩れ278件	死者16名 負傷者4名	全壊70棟 半壊5 354棟 一部損壊944棟	最大時間雨量51～73 mm/h 総雨量 473 mm
2004年7月18日	福井県鯖江市	平成16年7月 福井豪雨	梅雨前線 による豪雨	土石流102件 地すべり2件 崖崩れ33件	死者4名 負傷者19名	全壊66棟 半壊135棟 一部損壊944棟	最大時間雨量 93 mm/h 総雨量 338 mm
2004年7月31日～8月2日	徳島県、愛媛県 高知県		台風10号、 11号による 豪雨	土石流17件、地すべり6件 崖崩れ53件	行方不明2名 負傷者1名	全壊8棟 半壊6棟 一部損壊38棟	連続雨量 1 582 mm(7/31～8/2) 最大時間雨量 97 mm(8/1 15:00～16:00)
2004年8月17日～8月19日	愛媛県、高知県		台風15号に よる豪雨	土石流89件、地すべり15件 崖崩れ27件	死者5名 負傷者3名	全壊11棟 半壊13棟 一部損壊144棟	連続雨量 1 005 mm 最大時間雨量 106 mm/h
2004年9月28日	三重県尾鷲市	平成16年9月 台風第21号	台風21号に よる豪雨	土石流57件 地すべり12件 崖崩れ83件	死者9名 行方不明1名 負傷者2名	全壊35棟 半壊21棟 一部損壊32棟	最大時間雨量 139 mm/h 総雨量 900 mm
2005年9月6日	広島県廿日市市	平成17年9月 台風第14号	台風14号 による豪雨	土石流13件 地すべり1件 崖崩れ17件	負傷者12名	全壊4棟 一部損壊44棟	最大時間雨量 50 mm/h 総雨量 346 mm
2006年7月22日	鹿児島県北部	平成18年7月豪雨	梅雨前線に 伴う記録的 な豪雨	土石流1件 崖崩れ2件	死者5名 負傷者19名	全壊50棟 半壊62棟 一部損壊123棟	最大時間雨量 88 mm/h 総雨量 1 264 mm
2007年9月6日	群馬県など	平成19年9月 台風第9号	台風9号に よる豪雨		負傷者4名	全壊5棟 半壊14棟 一部損壊6棟	最大時間雨量 80 mm/h 総雨量 568 mm (富岡市)
2008年6月22日	熊本県球磨郡		梅雨前線 による豪雨	崖崩れ	死者1名	全壊1棟 一部損壊1棟	最大時間雨量 78 mm/h 総雨量 437.5 mm
2009年8月9日	岡山県美作市	平成21年 台風第9号	台風9号	崖崩れ 崩落土砂により家屋2棟倒壊	死者1名 負傷者4名	全壊14棟 半壊114棟 一部損壊1棟	最大時間雨量 59 mm/h 総雨量 230 mm
2010年7月16日	広島県庄原市		梅雨前線 による豪雨	土石流	死者5名 負傷者6名	全壊19棟 半壊34棟 一部損壊71棟	最大時間雨量 64 mm/h 総雨量 200 mm超
2012年7月11日～14日	福岡県、熊本県	平成24年7月 九州北部豪雨	梅雨前線に 伴う記録的 な豪雨		死者4名 負傷者17名	全壊70棟 半壊432棟 一部損壊117棟	最大時間雨量 91.5 mm/h 総雨量 649 mm
2013年8月8日	秋田県・岩手県		集中豪雨	土石流13件 地すべり1件 崖崩れ19件	死者8名 負傷者11名	全壊8棟 半壊6棟 一部損壊23棟	最大時間雨量 108.5 mm/h 総雨量 211 mm
2013年10月16日	東京都大島町	平成25年 台風第26号	台風26号 暴風雨	土石流14件 崖崩れ7件	死者36名 不明者3名	全壊73棟 半壊45棟 一部損壊84棟	最大時間雨量 122.5 mm/h 24時間雨量 824 mm
2014年7月9日	長野県木曽郡		集中豪雨	土石流	死者1名 負傷者3名	全壊3棟 半壊4棟 一部損壊4棟	最大時間雨量 76 mm/h
2014年8月20日	広島県	平成26年8月豪雨	集中豪雨	土砂災害件数166件 土石流107件、崖崩れ59件	死者72名	全壊126棟 最大3時間雨量 101.0 mm/h 最大3時間雨量 217.5 mm 24時間雨量 257.0 mm 一部損壊174棟 通年の観測史上1位	広島県安佐北区三入 最大時間雨量 101.0 mm/h 最大3時間雨量 217.5 mm 24時間雨量 257.0 mm 通年の観測史上1位



# 土砂災害 27人死亡

## 広島で豪雨 10人行方不明



土砂崩れが起きた現場。20日午前8時06分、広島市安佐南区、本社ヘリから。森井英二郎撮影

広島市北部で20日未明、1時間に100ミリを超える猛烈な雨が降り、広範囲にわたって土石流などが発生した。広島県警は、午後2時現在で27人が死亡したと発表した。行方不明者は10人になる。市内の多くの箇所でも土砂災害が発生しており、被害はさらに拡大する可能性がある。

死亡が確認されたのは、広島市安佐南区山本8丁目の2歳男児と、広島市安佐北区緑井8丁目の77歳女性。同市安佐北区可部東6丁目では、住民5人を救出した後、新たな土砂災害が発生し、安佐北消防署の消防隊員(53)が巻き込まれて死亡した。また同区で男児の遺体が見つかり、近くに住む3歳男児とみて調べている。残り22人についても身元などを調べている。

広島市災害対策本部によると、年の8月1カ月分を上回る雨量となった。

安佐南区緑井8丁目では土石流で住宅10棟前後が流され、同区八木3丁目でも十数人が生き埋めになっているとの情報がある。

広島市内では20日未明から早朝にかけて急速に雨雲が発達。広島県が安佐北区に設置した雨量計では、午前4時半までの3時間に観測記録となる204ミリとなり、平

朝日新聞

2014年 (平成26年)  
8月20日  
水曜日

号外



朝日新聞  
デジタル版

速報も詳細もデジタル版で

図1-4 (朝日新聞社, 2014年8月20日, デジタル朝日新聞号外)

## 1-2 既往の研究や法整備

1 節で述べた様に、日本国内では毎年数多くの土砂災害が発生している。その被害や発生メカニズムについては多くの災害報告や論文が発表されている。

例えば、斜面地などの地形特性と災害発生の関係について、河邑ら（2004）は、森林における土砂崩壊の特性分析を行い、斜面崩壊の発生頻度は、傾斜角 40 度付近の斜面地が最も高いことを述べている。宮武ら（2005）は、地下水流動を再現する数値モデルを構築し、斜面崩壊に及ぼす流動特性を解明し、斜面の形状と崩壊の特性を地下水流動の面からアプローチしている。田村ら（1978）は宮城県沖地震による災害から谷埋め盛り土の斜面災害に対する危険性を指摘している。

1995 年に発生した阪神淡路大震災では、盛り土の幅／厚さ比が 1:10～25 と浅い凹地の谷埋め盛り土において全体が地すべりのように流動しやすいこと、一般に盛り土の品質は劣悪でその盛り土の底面（盛り土以前の地表面）も軟弱な地層で、盛り土のすべり面となることが多い事が明らかにされた（釜井ら、2002）。

また豪雨と災害の関係や予測についても数多くの研究報告が発表されており、例えば鈴木ら（1982）は、過去の災害発生例から崖崩れと降雨の関係を整理し、降雨量の観測値から崖崩れの予測がどの程度可能であるかを検討している。永谷ら（2012）は、土砂の分布型流出モデルを利用して、豪雨による斜面崩壊予測システムを開発した。

近年増加している市街地での豪雨災害に関する研究も数多く、例えば奥西（2013）は京都府宇治市内の 2 つの地区において、約 50 年間にわたる宅地開発の経過と豪雨災害について分析している。宇治市内木幡・宇治地区では 1965 年の豪雨では顕著な水害を受けているが、2012 年の豪雨では被害が比較的軽微であった一方で、同市内菟道地区では 1965 年の豪雨では被害が軽微で 2012 年豪雨では甚大な被害を受けている。これらの地区における宅地開発の経過を分析し、木幡・五ヶ庄地区の宅地開発に対する行政の対応とその変化が宅地の安全に及ぼした影響を解明している。

このように、自然斜面や市街地で発生する災害は、地質条件、地形条件、地盤条件、植生条件、降雨条件などの多くの条件が関係する。このため、災害に関する研究は、地質学、地形学、地盤工学、治山工学、砂防工学、地球物理学など数多くの分野で研究が進められている（沖村、2012）。

法整備の面では、谷埋め盛り土造成地の防災対策として、2006（H18）年により「宅地造成等規制法」が改正され、川崎市や東京都、埼玉県、鳥取県など限られた自治体で盛り土造成地での基礎的な調査が始まったばかりである（下河ら、2009）。また、宅地背後斜面の崩壊に伴う土砂災害は、1969（S44）年に「急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律」が施行され、同法に基づく対策が行われてきたが、そのほとんどが災害の“事後対策”であった。そして、実際には都市化の進展に防災対策が追いつかず、宅地背後斜面の崩壊や土石流に伴う災害が繰り返されてきた。このため、2001（H13）年には土砂災害に対するソフト対策を念頭においた「土砂災害防止法」が施行され、土砂災害による危険地区

を事前に住民に開示する予防措置が取られるようになった。しかし、膨張した都市域における土砂災害危険箇所は膨大な数にのぼり、近年の局所的豪雨や地震の活発化も相まって、宅地背後斜面の崩壊や土石流に伴う災害が多発している。

これらのことから、都市域における斜面災害の潜在的な危険性は依然高い状態にあると言える。2014（H26）年8月に広島県で発生した豪雨災害では、住民や建造物に甚大な被害を与え、これをきっかけに全国的に土砂災害の防止・減災への関心が高まっている。

行政では、土砂災害防止法の策定により、土砂災害警戒区域の指定を進めている。土砂災害警戒区域は地形図から斜面角度を計算し、机上で抽出するものであり、その指定方法は図1－5に示す様に、全国的に指定方法が統一されている。

しかし、市街地の発達状況や斜面開発の傾向には地域性があり、また雨の降り方にも地域性がある。そのため、都市圏に絞った詳細な検討がより一層必要である。

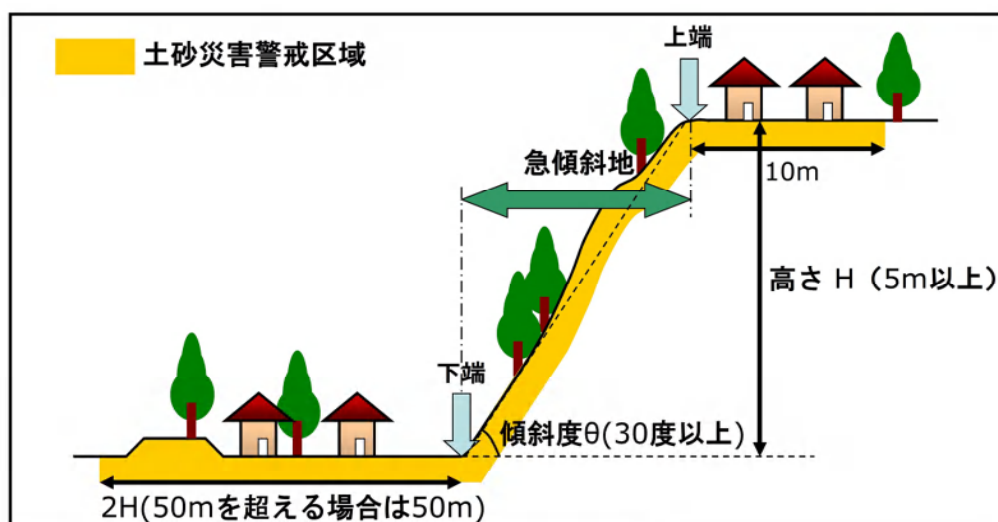


図 土砂災害警戒区域の範囲

図1－5 土砂災害警戒区域の指定範囲（座間市 HP より引用）

### 1－3 論文構成

前述の背景から、本研究では斜面住宅の多い都市圏である神奈川県横浜市および川崎市を研究対象地として、過去 40 年間ににおける土地利用の経年変化と土砂災害の発生状況、斜面傾斜角との対応について GIS を用いて解析を行い、関係性を整理した。また得られた結果の傾向と、近年増加傾向である豪雨について降雨状況を整理することで数値的に考察し、市街地における地形と土地利用、豪雨災害について今後の見通しを述べた。

第一章は序論であり、研究の背景と目的について述べている。

第二章は研究方法として、研究対象地の概要と解析ソフトの使用・解析方法、各種データについて述べている。本研究で解析に使用した ArcGIS の使用方法について詳細に説明し、解析方法を示した。また、解析に使用した各種データの概要と運用方法を示した。

第三章は分析結果であり、GIS を用いた分析で得られた結果を、視覚的・数値的に示した。

第四章は考察であり、得られた結果の精度検証と、豪雨災害としての関連性について考察を述べた。また傾斜角抽出方法の再検討とその結果について考察を述べた。

第五章では本研究のまとめを示した。

## 第二章 研究方法

### 2-1 研究対象地の概要

研究対象地は神奈川県横浜市と川崎市を選んだ。(図2-1(a))

神奈川県は関東平野の南端に位置し、東部は多摩丘陵を中心とする丘陵地形がひろがり、臨海地区は商業施設や空港、石油コンビナートや港湾となっており、東京湾に面している。中央部は相模平野が広がり、階段状の平坦地となっている。西部は丹沢・箱根火山となり、南部は太平洋に面している。南東には起伏な地形を持つ三浦半島が伸びている。

横浜市、川崎市はそれぞれ神奈川県の東端、北東に位置し(図2-1(b))、北側は東京都と接し、東側は東京湾に面している。横浜市は、日本の政令指定都市の中で人口最大の都市であり、その数371万人にのぼる。川崎市は同7位で147万人を有する。また人口密度は川崎市が2位で10308人/km<sup>2</sup>、横浜市は3位で8500人/km<sup>2</sup>と、非常に高い。地理的特徴として、横浜市東側の沿岸部は埋め立て開発が施され全国有数の港湾都市として発達し、首都高湾岸線を始めとする高速道路や国道1号線などが整備され、横浜駅や桜木町駅周辺は商業区域として非常に栄えている。一方で中央部は、丘陵地が南北に縦断し、保土ヶ谷区に代表されるように、増加する人口と土地需要に対応するために急傾斜地を開発して作られた斜面宅地が広がっている。また横浜市の北側に位置する川崎市は、横浜市同様に湾岸部は大規模な石油化学コンビナートが形成され、内陸部は都心へのアクセスのよさからベッドタウンとしての需要が高まり、近年急速に開発が進んでいる。市全体では起伏の少ない地理環境であるが、市北西部の丘陵地である多摩区に斜面宅地が広がっており、土砂災害が頻発している。

神奈川県では毎年50件以上の土砂災害が起きており、その発生箇所は主に県東部の横浜市、川崎市、横須賀市に集中している。また神奈川県は、国土交通省砂防部の2006年から2014年までの各年における都道府県別の土砂災害発生件数の統計において、2010年を除く8年にわたって発生件数の多い都道府県の上位5県に入っている(表2-1(a), (b))。

表2-1(a), (b)は、都道府県別土砂災害発生件数を、3種の合計件数が多い都道府県順に並べ変えたものである。神奈川県の項目を赤で示している。

このように、両市は非常に人口が多く、人口密度も高い政令指定都市でありながら、平地が宅地の需要を満たせず、そのために丘陵を開発した斜面宅地が多い都市であり、土砂災害発生件数も他の政令指定都市と比べて非常に多く、また各種データが揃っており、無料で扱えるものが多かったことから、本研究の研究対象地とした。



图 2－1 (a) 研究对象地

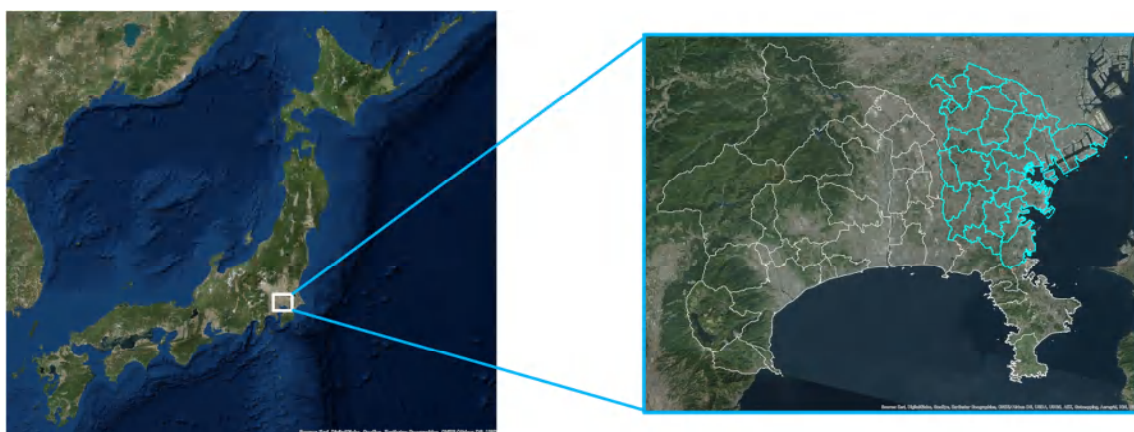


图 2－1 (b) 横浜市・川崎市



表2-1(a) 土砂災害発生件数(2006年~2011年)

2006年					2007年					2008年				
	土石流	地すべり	崖崩れ	合計		土石流	地すべり	崖崩れ	合計		土石流	地すべり	崖崩れ	合計
熊本県	8	6	152	166	新潟県	1	63	67	131	神奈川県	2	0	102	104
鹿児島県	23	4	112	139	神奈川県	1	0	69	70	富山県	33	21	18	72
長野県	58	51	24	133	静岡県	6	8	51	65	鹿児島県	1	3	47	51
島根県	9	12	93	114	鹿児島県	6	1	56	63	熊本県	0	5	39	44
神奈川県	0	0	95	95	石川県	9	19	27	55	新潟県	7	33	3	43
新潟県	1	71	6	78	島根県	14	4	33	51	岐阜県	21	0	14	35
長崎県	1	0	63	64	宮崎県	3	0	40	43	三重県	17	0	14	31
石川県	1	6	36	43	福島県	0	1	38	39	宮城県	17	2	10	29
宮崎県	3	0	40	43	大分県	3	1	30	34	岩手県	14	2	11	27
山口県	1	1	37	39	熊本県	8	1	24	33	石川県	13	1	7	21
佐賀県	2	2	34	38	長野県	5	12	9	26	徳島県	0	2	18	20
愛媛県	2	1	34	37	三重県	2	2	21	25	福島県	5	1	12	18
広島県	9	0	25	34	鳥取県	19	0	5	24	静岡県	2	0	15	17
福井県	2	4	25	31	東京都	5	0	18	23	宮崎県	0	0	17	17
大分県	2	1	27	30	群馬県	6	5	11	22	長野県	4	7	4	15
福島県	0	5	21	26	山梨県	11	3	6	20	愛知県	2	0	13	15
鳥取県	15	1	10	26	愛媛県	1	0	18	19	長崎県	0	0	14	14
静岡県	1	1	21	23	高知県	0	2	16	18	和歌山県	1	1	10	12
岐阜県	10	2	9	21	沖縄県	1	8	9	18	大分県	0	0	11	11
兵庫県	3	1	17	21	宮城県	0	3	11	14	山口県	0	1	8	9
京都府	0	1	19	20	和歌山県	3	1	10	14	北海道	3	0	4	7
福岡県	0	0	20	20	北海道	5	1	6	12	東京都	1	0	6	7
山形県	4	10	5	19	埼玉県	4	3	5	12	福井県	1	0	6	7
千葉県	0	1	17	18	大阪府	2	2	8	12	佐賀県	0	0	7	7
富山県	0	6	12	18	佐賀県	0	1	11	12	栃木県	3	0	3	6
北海道	6	3	6	15	秋田県	3	0	8	11	京都府	0	0	6	6
和歌山県	0	3	12	15	山形県	3	3	5	11	高知県	0	0	6	6
高知県	3	0	9	12	奈良県	0	2	9	11	島根県	0	2	3	5
群馬県	1	1	9	11	岩手県	1	0	8	9	青森県	0	2	2	4
宮城県	0	1	8	9	富山県	0	5	3	8	群馬県	1	0	3	4
三重県	0	0	9	9	徳島県	1	1	6	8	鳥取県	2	2	0	4
沖縄県	0	5	3	8	長崎県	0	0	8	8	山形県	1	2	0	3
大阪府	0	1	6	7	岐阜県	3	2	2	7	千葉県	0	0	3	3
徳島県	0	3	4	7	青森県	1	1	4	6	大阪府	3	0	0	3
茨城県	0	2	4	6	愛知県	0	1	5	6	愛媛県	0	0	3	3
滋賀県	0	2	4	6	山口県	0	0	4	4	茨城県	0	0	2	2
岡山県	2	0	4	6	栃木県	1	0	2	3	山梨県	0	1	1	2
青森県	0	2	3	5	千葉県	0	3	0	3	滋賀県	0	0	2	2
岩手県	1	2	2	5	福井県	1	0	2	3	岡山県	0	0	2	2
栃木県	0	0	5	5	岡山県	0	0	3	3	広島県	0	0	2	2
東京都	0	0	5	5	福岡県	0	2	1	3	福岡県	0	0	2	2
奈良県	0	2	3	5	京都府	0	0	2	2	秋田県	0	0	1	1
愛知県	0	0	4	4	広島県	0	0	2	2	埼玉県	0	1	0	1
秋田県	0	1	2	3	茨城県	0	1	0	1	沖縄県	0	0	1	1
埼玉県	0	0	1	1	滋賀県	0	0	1	1	兵庫県	0	0	0	0
山梨県	1	0	0	1	兵庫県	0	0	1	1	奈良県	0	0	0	0
香川県	0	0	0	0	香川県	0	0	0	0	香川県	0	0	0	0
合計	169	215	1,057	1,441	合計	129	162	675	966	合計	154	89	452	695
2009年					2010年					2011年				
	土石流	地すべり	崖崩れ	合計		土石流	地すべり	崖崩れ	合計		土石流	地すべり	崖崩れ	合計
山口県	65	2	130	197	鹿児島県	76	6	111	193	新潟県	110	113	84	307
島根県	5	9	172	186	新潟県	6	58	24	88	鹿児島県	57	3	46	106
神奈川県	0	1	87	88	広島県	42	1	41	84	福島県	56	7	41	104
兵庫県	13	0	41	54	山口県	5	6	70	81	静岡県	14	10	69	93
静岡県	5	3	39	47	島根県	2	4	71	77	島根県	3	2	62	67
長野県	18	21	6	45	長野県	30	11	24	65	神奈川県	4	0	54	58
新潟県	3	25	8	36	神奈川県	1	0	57	58	三重県	14	2	36	52
長崎県	0	1	35	36	静岡県	21	1	36	58	宮崎県	4	0	44	48
徳島県	3	9	15	27	徳島県	8	4	20	32	和歌山県	28	6	10	44
和歌山県	8	0	18	26	岐阜県	5	2	18	25	徳島県	6	8	28	42
三重県	2	0	21	23	宮崎県	6	0	19	25	山形県	5	17	16	38
広島県	0	0	23	23	千葉県	0	0	24	24	奈良県	22	12	3	37
大分県	0	0	23	23	愛媛県	0	0	24	24	山梨県	15	2	15	32
福岡県	4	5	10	19	秋田県	4	3	15	22	大分県	1	0	29	30
岐阜県	2	0	15	17	北海道	2	2	14	18	茨城県	2	1	25	28
愛媛県	0	0	17	17	岩手県	7	0	11	18	愛媛県	6	3	18	27
福島県	0	0	16	16	福島県	0	4	13	17	長野県	10	8	7	25
熊本県	0	1	12	13	長崎県	0	0	17	17	岐阜県	12	2	11	25
秋田県	2	1	9	12	福岡県	1	0	14	15	千葉県	1	1	21	23
富山県	3	4	4	11	大分県	0	2	12	14	高知県	7	0	16	23
沖縄県	0	4	7	11	山形県	1	5	6	12	長崎県	1	2	19	22
石川県	0	7	3	10	福井県	1	2	9	12	鳥取県	10	3	8	21
愛知県	0	0	10	10	兵庫県	2	0	9	11	栃木県	5	7	8	20
岡山県	2	0	8	10	沖縄県	0	5	6	11	宮城県	4	2	13	19
佐賀県	2	1	7	10	青森県	0	0	10	10	香川県	2	0	14	16
宮城県	4	2	3	9	茨城県	0	2	8	10	岡山県	8	0	5	13
京都府	0	0	9	9	佐賀県	1	2	7	10	石川県	1	2	8	11
鹿児島県	0	1	7	8	石川県	1	1	7	9	福井県	1	2	6	9
茨城県	0	0	7	7	大阪府	0	0	9	9	岩手県	1	0	7	8
福井県	0	1	6	7	熊本県	0	1	8	9	富山県	0	4	2	6
奈良県	0	4	3	7	三重県	0	0	8	8	滋賀県	2	0	4	6
北海道	1	0	5	6	高知県	0	0	8	8	広島県	0	0	6	6
青森県	0	0	6	6	愛知県	0	0	7	7	山口県	1	1	4	6
山形県	1	3	2	6	滋賀県	1	0	6	7	群馬県	2	0	3	5
千葉県	0	0	5	5	岡山県	2	0	5	7	埼玉県	0	0	5	5
大阪府	1	0	3	4	奈良県	0	2	4	6	秋田県	0	0	4	4
香川県	0	0	3	3	富山県	2	2	1	5	大阪府	0	0	4	4
高知県	0	0	3	3	京都府	1	0	3	4	兵庫県	1	1	2	4
岩手県	0	0	2	2	和歌山県	2	0	2	4	福岡県	0	0	4	4
栃木県	1	0	1	2	東京都	0	0	3	3	熊本県	0	0	4	4
群馬県	1	0	1	2	鳥取県	2	0	1	3	沖縄県	0	0	4	4
山梨県	2	0	0	2	香川県	0	0	3	3	北海道	0	0	3	3
東京都	0	0	1	1	宮城県	1	0	1	2	青森県	1	0	2	3
鳥取県	1	0	0	1	栃木県	0	0	1	1	東京都	1	0	2	3
宮崎県	0	1	0	1	埼玉県	0	1	0	1	愛知県	1	1	1	3
埼玉県	0	0	0	0	山梨県	1	0	0	1	京都府	0	0	3	3
滋賀県	0	0	0	0	群馬県	0	0	0	0	佐賀県	0	0	1	1
合計	149	106	803	1,058	合計	234	127	767	1,128	合計	419	222	781	1,422

表 2 - 1 (b) 土砂災害発生件数 (2012 年～2014 年)

2012年					2013年					2014年				
	土石流	地すべり	崖崩れ	合計		土石流	地すべり	崖崩れ	合計		土石流	地すべり	崖崩れ	合計
熊本県	90	0	25	115	島根県	44	1	74	119	広島県	110	0	72	182
鹿児島県	60	1	45	106	山口県	37	0	72	109	高知県	4	21	97	122
福岡県	40	18	42	100	千葉県	1	5	55	61	神奈川県	0	0	95	95
神奈川県	1	0	65	66	神奈川県	0	0	55	55	山口県	7	0	84	91
高知県	0	0	51	51	新潟県	9	34	9	52	兵庫県	81	1	6	88
大分県	9	0	32	41	鹿児島県	35	0	15	50	静岡県	11	1	61	73
新潟県	4	28	3	35	山形県	12	15	19	46	鹿児島県	42	0	28	70
宮崎県	1	1	30	32	岩手県	22	0	8	30	北海道	9	0	47	56
静岡県	2	0	29	31	富山県	5	11	12	28	長野県	16	20	9	45
愛媛県	0	0	25	25	静岡県	9	2	15	26	富山県	8	3	19	30
山口県	1	0	21	22	石川県	1	2	22	25	山形県	13	6	8	27
島根県	4	1	13	18	東京都	14	0	8	22	和歌山県	2	3	22	27
長野県	5	7	3	15	滋賀県	10	1	10	21	千葉県	0	4	20	24
岐阜県	9	0	6	15	高知県	0	0	21	21	大分県	1	0	23	24
三重県	4	0	10	14	福井県	8	1	10	19	新潟県	4	12	7	23
北海道	5	2	6	13	福島県	9	0	9	18	愛媛県	5	0	16	21
岡山県	1	0	11	12	岡山県	3	2	13	18	岐阜県	7	0	13	20
広島県	0	0	11	11	長野県	6	9	2	17	宮崎県	1	0	19	20
山形県	0	9	1	10	三重県	1	0	15	16	石川県	1	0	18	19
福井県	3	2	5	10	愛媛県	2	0	14	16	徳島県	3	3	12	18
佐賀県	0	0	10	10	広島県	0	2	13	15	京都府	6	1	7	14
千葉県	0	1	8	9	青森県	2	0	12	14	長崎県	0	0	14	14
富山県	1	1	7	9	北海道	0	2	11	13	沖縄県	0	0	14	14
滋賀県	5	0	4	9	宮崎県	0	0	13	13	福島県	0	0	10	10
徳島県	1	0	8	9	茨城県	0	0	12	12	島根県	1	0	8	9
長崎県	1	0	8	9	秋田県	5	1	5	11	三重県	0	0	8	8
京都府	3	0	4	7	岐阜県	6	0	5	11	大阪府	1	0	5	6
秋田県	0	1	4	5	和歌山県	3	0	7	10	熊本県	0	0	6	6
福島県	1	1	2	4	京都府	3	0	6	9	宮城県	1	0	2	3
奈良県	0	0	3	3	大阪府	2	0	6	8	栃木県	0	0	3	3
鳥取県	2	0	1	3	鳥取県	5	0	1	6	香川県	1	0	2	3
青森県	0	0	2	2	香川県	2	0	4	6	岩手県	1	0	1	2
茨城県	1	0	1	2	奈良県	4	0	1	5	群馬県	1	1	0	2
栃木県	0	0	2	2	長崎県	0	0	5	5	福井県	0	0	1	2
山梨県	1	0	1	2	栃木県	0	0	4	4	岡山県	0	0	2	2
石川県	0	0	2	2	徳島県	0	0	4	4	青森県	0	0	1	1
和歌山県	0	1	1	2	大分県	0	0	4	4	秋田県	0	0	1	1
沖縄県	0	2	0	2	山梨県	0	0	3	3	茨城県	0	0	1	1
群馬県	0	0	1	1	兵庫県	1	0	2	3	埼玉県	0	0	1	1
東京都	1	0	0	1	佐賀県	0	0	3	3	東京都	0	0	1	1
兵庫県	0	0	1	1	熊本県	0	0	3	3	山梨県	1	0	0	1
香川県	0	0	1	1	宮城県	0	0	2	2	愛知県	0	0	1	1
岩手県	0	0	0	0	群馬県	1	1	0	2	奈良県	0	0	1	1
宮城県	0	0	0	0	愛知県	0	0	2	2	鳥取県	0	0	1	1
埼玉県	0	0	0	0	沖縄県	0	0	2	2	福岡県	0	0	1	1
愛知県	0	0	0	0	埼玉県	0	0	1	1	佐賀県	0	0	1	1
大阪府	0	0	0	0	福岡県	0	0	1	1	滋賀県	0	0	0	0
合計	256	76	505	837	合計	262	89	590	941	合計	338	76	769	1184

## 2-2 GISを用いた解析手法

### 2-2-1 GISについて

本研究では、収集した各種データを空間的に解析するために、GIS (Geographic Information System：地理情報システム) を使用した。GIS ソフトに、ArcGIS(Esri 社, ArcGIS 10.2.2 for Desktop)を使用した。

ArcGIS とは Esri 社が提供している GIS ソフトの総称であり、実際に解析で使ったのは、地図解析が可能である ArcMap であり、他にエクスプローラである ArcCatalog や描画専用ソフトである ArcView などが用意されている。ArcGIS は、使解析ツールや描画機能、データ変換ツールなどが非常に充実しており、また日本語にも対応しているため、本研究ではこれを用いて解析を行った。

なお、GIS ソフトには様々なものがあり、無料で使えるフリーGIS も数多く存在している。例えば QGIS はオープンソース・ソフトウェア GIS として有名であり、世界中で広く使われている。また、ドイツで開発された SAGA-GIS (System for Automated Geoscientific Analyses) も、学術的解析ツールが豊富であり、研究者の間で愛用されている。これらオープンソースで公開されている GIS ソフトは基本的に言語が英語である。

GIS を用いた解析では、様々な種類の地理情報を、座標データを参照して空間的に重ね合わせての解析が可能になる。図 2-2 に GIS を用いた解析のイメージ例を示す。このように幾つかのデータを重ね、それぞれの特性関係を視覚的に解析、あるいは属性データを抽出して数値的に解析が可能である。

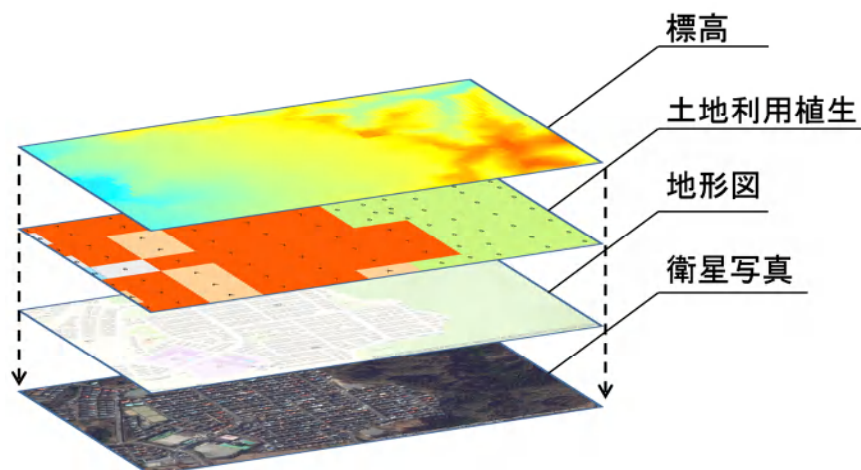


図 2-2 GIS を用いた解析のイメージ

## 2-2-2 GIS ソフトを使用する上で注意すること

ArcMap を使用する上で、重要な点が 2 つある。

1 つ目に、GIS で作成されるデータは、主データの他に地理座標情報や属性情報を格納したファイルなどがセットになっている。そのため、それらのうち 1 つでも欠けてしまうと、データとして意味を成さなくなってしまう。そのため、Windows のエクスプローラを用いてデータのコピーや削除を行う際は、同一名称の複数ファイルの取り扱いに細心の注意を払い、全ファイルに対して一括操作が必要である。

一方、ArcCatalog を使うと、同一名称のファイル群は 1 つにまとめて表示され、データの出力や削除に加え、ファイル名変更も確実に行えるため、GIS データの取り扱いには ArcCatalog を使用する。

図 2-3 (a), (b) に、それぞれ Windows エクスプローラと ArcCatalog を用いて、同一シェープファイルを保存したフォルダを参照した場合のスクリーンショットを示す。フォルダ内には「test」、「test1」の 2 つのシェープファイルを用意した。

図 2-3 (a) から分かるように、1 つのシェープファイルは、複数のデータから構成されている。そのため、ファイル数が増えれば総数も増え、ファイル移動や削除などの処理が煩雑になる。一方、図 2-3 (b) から分かるとおり、ArcCatalog ではそれぞれが統一して表示されるため、他フォルダへの出力や名前の変更が容易である。なお、Windows エクスプローラでは 1 度出力されたシェープファイルの名称は変更できない。どれか 1 つでも名称が変更されると、同一データの関係がクラッシュし、ファイルが崩壊するからである。シェープファイルについては、後述の 2-2-4 にて紹介する。

2 つ目は、地理座標系を必ず統一することである。

様々なデータを取り扱う場合、それらデータの発行元によって、基準となる地理座標系が異なっている。そのため、データを入手する際に、仕様書をよく確認し、データの地理座標系を明確に把握する必要がある。

さらに、GIS ソフト上に表示する際に、投影座標系も指定する必要がある。

異なる地理座標系で作成されたデータを同じ投影法で GIS ソフトに表示させても、うまく表示されない。きちんと座標変換を行い、データの投影法を統一して定義することにより、すべてのデータを同じ座標系に投影させ、正確な分析が可能となる。

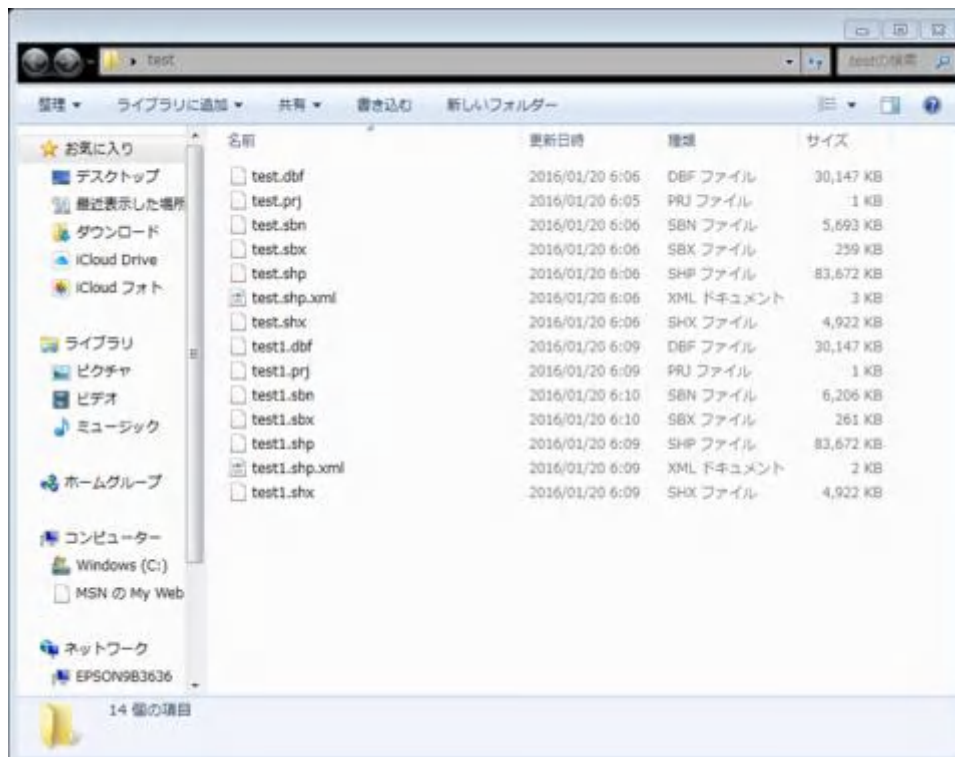


図 2 - 3 (a) Windows エクスプローラを用いた場合

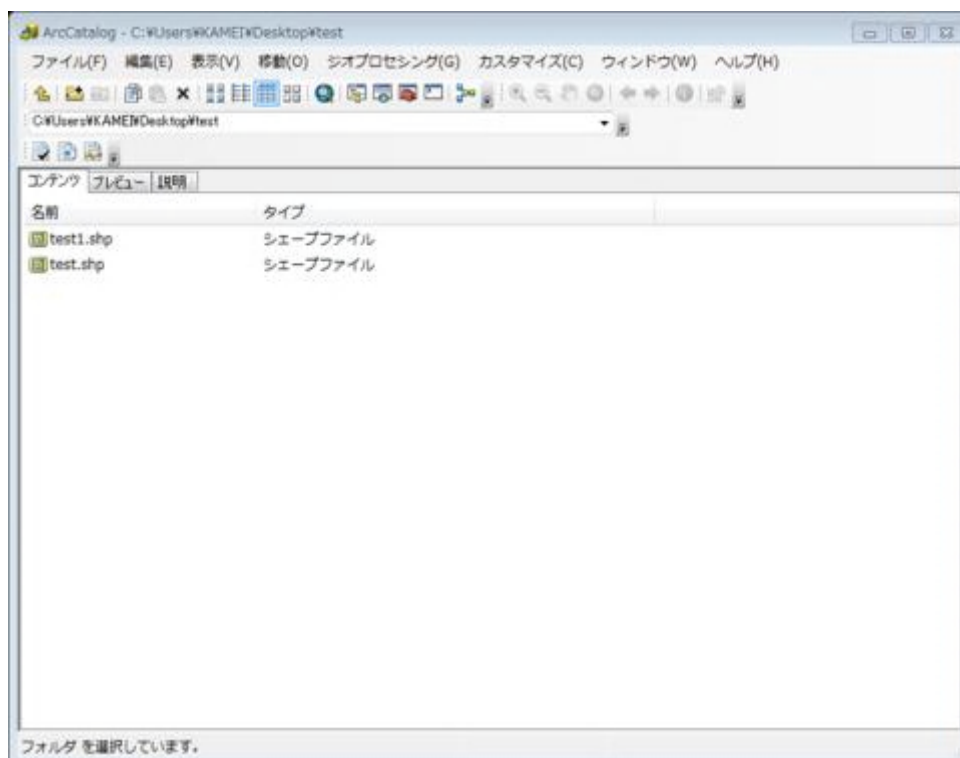


図 2 - 3 (b) ArcCatalog を用いた場合

### 2-2-3 解析に使う主な GIS データの種類

実世界をデジタル地図で表現する場合、実世界を個別の図形で表現する「ベクタデータ」と、セルで表現する「ラスタデータ」の2種類の表現方法がある。

例えば、図2-4(a)の実世界の道路部分をベクタデータで表現する場合は図2-4(b)のような情報として扱われる。また、ラスタデータで表現する場合は図2-4(c)のようになる。



図2-4(a) 実世界

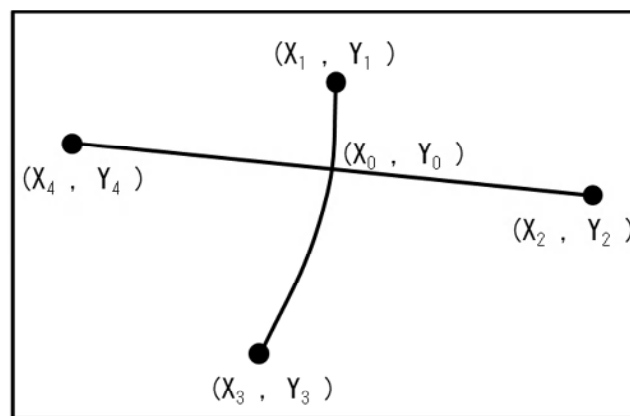


図2-4(b) ベクタ

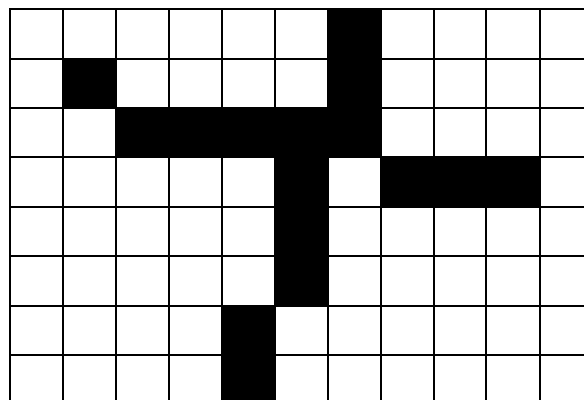


図2-4(c) ラスタ



## 2-2-4 ベクタデータ

ベクタデータは長さや方向を持ち、「ポイント（点）」、「ライン（線）」、「ポリゴン（面）」の3種類がある。それぞれ基準点( $X_0, Y_0$ )から「X方向にいくつ、Y方向にいくつの位置である」という情報を持っている。

### (1) ポイント（点）

長さや幅のない対象物を表現するために使われる。

地図表記の例としては、信号、山頂点、気象観測点などが挙げられる。

### (2) ライン（線）

長さや方向を備え、複数の点を接続するものを表現する。地図表記の例として、道路、鉄道、電話線、河川や上下水道管などが挙げられる。

また、道路などの複数のラインが交差する際に、「一般道と高速道路は平面で交差しない」などの「振る舞い」と呼ばれる規則を設ける事ができる。

### (3) ポリゴン（面）

境界線を表す線の終点を始点に一致させ、閉領域を作った面など、地図上で1つの地域を表す多辺図形を一般的にポリゴンと呼ぶ。

地図表記の例として、運動場や大型商業施設などが挙げられる。

これらベクタデータはシェープファイルと呼ばれるGIS独自の形式で保存される。シェープファイルは主ファイルの他に属性情報や座標情報などを格納したファイルがセットになっている。

図2-5にポイント、ライン、ポリゴンのイメージを示した。

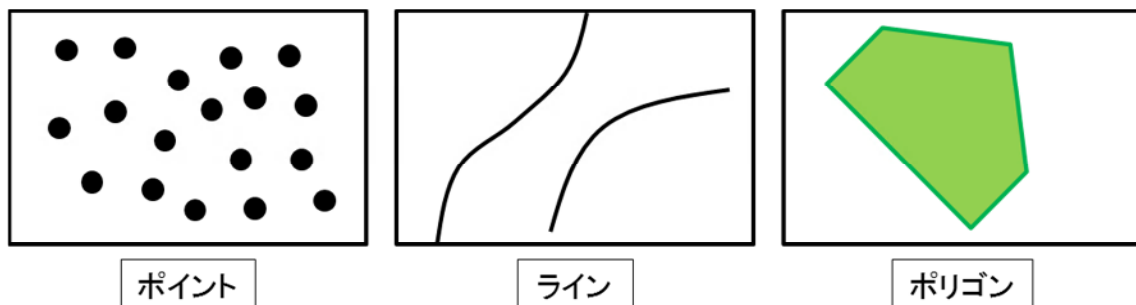


図2-5 ベクタ3種類のイメージ

## 2-2-5 データの解析手法

2-3以降で説明するデータについて、土地利用データ（100 m メッシュ）はポリゴンメッシュタイプのシェープファイル、標高及び傾斜角データはラスタである。

土地利用データは、Map 上で描画する際は、ポリゴンメッシュが適しているが、解析の際はポイントの方が適しているため、土地利用データをポイントに変換する。

ポイントはポリゴンメッシュの中央に作成され、ポリゴンの属性データはそのままポイントに格納される。つまり、10 m メッシュのポリゴンデータが 10 m 間隔のポイントデータに変換されることになる。

ポイントに変換した土地利用データと標高・傾斜角ラスタを重ね合わせ、空間解析を行った。ポイントに重なっているラスタのセル値を抽出し、ポイントの属性データに追加する手法で解析を行った。

標高・傾斜角データが追加された属性データは csv ファイルにて出力が可能であり、これを Microsoft Office Excel にて分析を行った。

同様に、災害発生地点についてもデータを整理した。

ポイントデータである土砂災害発生地点に、ポリゴンメッシュの土地利用データと、標高・傾斜角ラスタを重ね合わせ、セル値を抽出、ポイントに追加した。

図 2-6 に解析のイメージを示し、図 2-7 (a) に解析前、図 2-7 (b) に解析後のポイント属性テーブル情報を示した。表示しているのは 1997 年のデータである。

解析後のテーブルに、dem データと slope データが追加されていることが分かる。

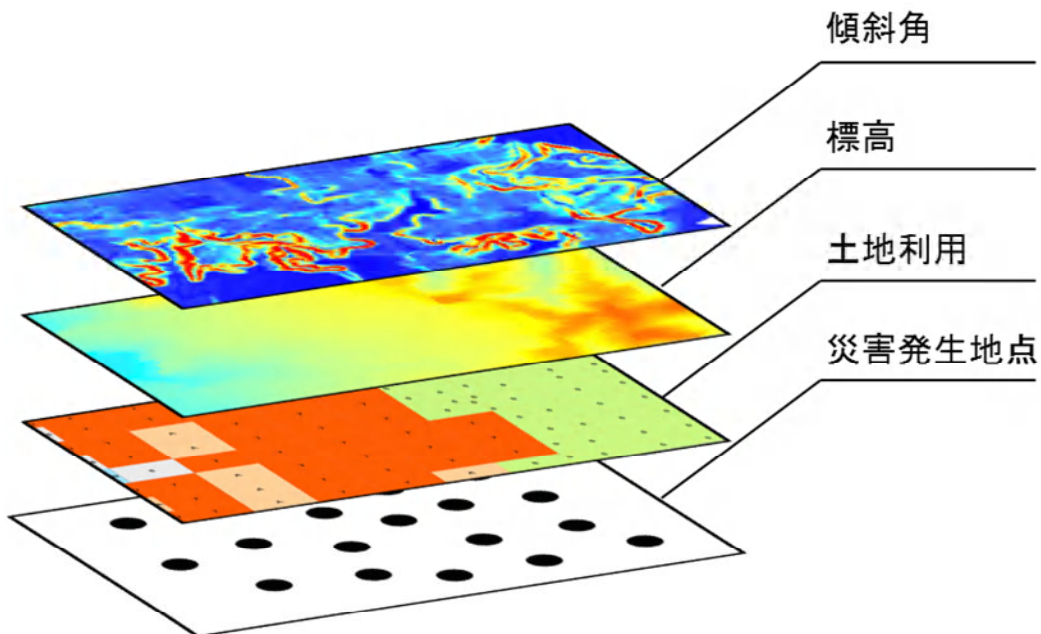


図 2-6 空間解析のイメージ

テーブル

yktochi97\_pt

ID	Shape	土壌利	Shape_Area	Shape_Area
1	Point	5	1.07081	1.07081
2	Point	7	1.07082	1.07082
3	Point	7	1.07091	1.07091
4	Point	5	1.07093	1.07093
5	Point	7	1.07093	1.07093
6	Point	7	1.07093	1.07093
7	Point	7	1.07093	1.07093
8	Point	7	1.07093	1.07093
9	Point	7	1.07093	1.07093
10	Point	7	1.07093	1.07093
11	Point	7	1.07093	1.07093
12	Point	7	1.07093	1.07093
13	Point	7	1.07093	1.07093
14	Point	7	1.07093	1.07093
15	Point	7	1.07093	1.07093
16	Point	7	1.07093	1.07093
17	Point	7	1.07093	1.07093
18	Point	7	1.07093	1.07093
19	Point	7	1.07093	1.07093
20	Point	7	1.07093	1.07093
21	Point	7	1.07093	1.07093
22	Point	7	1.07093	1.07093
23	Point	7	1.07093	1.07093
24	Point	7	1.07093	1.07093
25	Point	7	1.07093	1.07093
26	Point	7	1.07093	1.07093
27	Point	7	1.07093	1.07093
28	Point	7	1.07093	1.07093
29	Point	7	1.07093	1.07093
30	Point	7	1.07093	1.07093
31	Point	7	1.07093	1.07093
32	Point	7	1.07093	1.07093
33	Point	7	1.07093	1.07093
34	Point	7	1.07093	1.07093
35	Point	7	1.07093	1.07093
36	Point	7	1.07093	1.07093
37	Point	7	1.07093	1.07093
38	Point	7	1.07093	1.07093
39	Point	7	1.07093	1.07093
40	Point	7	1.07093	1.07093
41	Point	7	1.07093	1.07093
42	Point	7	1.07093	1.07093
43	Point	7	1.07093	1.07093
44	Point	7	1.07093	1.07093
45	Point	7	1.07093	1.07093
46	Point	7	1.07093	1.07093
47	Point	7	1.07093	1.07093
48	Point	7	1.07093	1.07093
49	Point	7	1.07093	1.07093
50	Point	7	1.07093	1.07093
51	Point	7	1.07093	1.07093
52	Point	7	1.07093	1.07093
53	Point	7	1.07093	1.07093
54	Point	7	1.07093	1.07093
55	Point	7	1.07093	1.07093
56	Point	7	1.07093	1.07093
57	Point	7	1.07093	1.07093
58	Point	7	1.07093	1.07093
59	Point	7	1.07093	1.07093
60	Point	7	1.07093	1.07093
61	Point	7	1.07093	1.07093
62	Point	7	1.07093	1.07093
63	Point	7	1.07093	1.07093
64	Point	7	1.07093	1.07093
65	Point	7	1.07093	1.07093
66	Point	7	1.07093	1.07093
67	Point	7	1.07093	1.07093
68	Point	7	1.07093	1.07093
69	Point	7	1.07093	1.07093
70	Point	7	1.07093	1.07093
71	Point	7	1.07093	1.07093
72	Point	7	1.07093	1.07093
73	Point	7	1.07093	1.07093
74	Point	7	1.07093	1.07093
75	Point	7	1.07093	1.07093
76	Point	7	1.07093	1.07093
77	Point	7	1.07093	1.07093
78	Point	7	1.07093	1.07093
79	Point	7	1.07093	1.07093
80	Point	7	1.07093	1.07093
81	Point	7	1.07093	1.07093
82	Point	7	1.07093	1.07093
83	Point	7	1.07093	1.07093
84	Point	7	1.07093	1.07093
85	Point	7	1.07093	1.07093
86	Point	7	1.07093	1.07093
87	Point	7	1.07093	1.07093
88	Point	7	1.07093	1.07093
89	Point	7	1.07093	1.07093
90	Point	7	1.07093	1.07093
91	Point	7	1.07093	1.07093
92	Point	7	1.07093	1.07093
93	Point	7	1.07093	1.07093
94	Point	7	1.07093	1.07093
95	Point	7	1.07093	1.07093
96	Point	7	1.07093	1.07093
97	Point	7	1.07093	1.07093
98	Point	7	1.07093	1.07093
99	Point	7	1.07093	1.07093
100	Point	7	1.07093	1.07093

yktochi97\_pt | tochi1997

図 2 - 7 (a) 解析前の属性データ

テーブル

yktochi97\_pt

ID	Shape	土壌利	ORIG_FID	ykdemi95	slope_ykd95
1	Point	5	1.07081	7.8	1.4816546
2	Point	5	1.07082	NULL	21.25926
3	Point	7	1.07091	8.9	1.271311
4	Point	5	1.07093	18.5	18.26061
5	Point	5	1.07093	26.1	21.92622
6	Point	7	1.08001	8.9	0.754915
7	Point	7	1.08002	8.1	1.219719
8	Point	7	1.08003	8.9	1.724385
9	Point	5	1.08004	NULL	2.884315
10	Point	7	1.08011	7.8	0.793237
11	Point	7	1.08012	9.4	2.084093
12	Point	7	1.08013	22.8	16.4774
13	Point	5	1.08014	22	11.85853
14	Point	7	1.08021	7.1	1.394801
15	Point	7	1.08022	6.5	0.711792
16	Point	7	1.08023	105	4020502
17	Point	7	1.08024	6.9	8.620193
18	Point	5	1.08025	9.8	3.716221
19	Point	7	1.08031	4.2	1.176641
20	Point	7	1.08032	3.7	1.539522
21	Point	7	1.08033	4.7	2.087008
22	Point	7	1.08034	4.4	0.857993
23	Point	7	1.08035	5.7	0.650748
24	Point	7	1.08036	6.9	0.495126
25	Point	F	1.08040	NULL	NULL
26	Point	B	1.08041	3.8	1.156482
27	Point	7	1.08042	2.3	0.889412
28	Point	7	1.08043	2.7	0.656558
29	Point	A	1.08044	4.3	0.53164
30	Point	7	1.08045	5.6	0.486114
31	Point	7	1.08046	6.3	0.434383
32	Point	7	1.08047	6.1	0.40802
33	Point	F	1.08048	NULL	NULL
34	Point	7	1.08050	1.4	2.755085
35	Point	7	1.08051	4.4	0.974084
36	Point	7	1.08052	3.3	0.803874
37	Point	7	1.08053	2.3	0.842492
38	Point	A	1.08054	3.7	0.887971
39	Point	A	1.08055	5.2	0.897748
40	Point	7	1.08056	5.7	0.53076
41	Point	7	1.08057	6.6	1.87074
42	Point	F	1.08059	NULL	NULL
43	Point	7	1.08060	3.8	2.805197
44	Point	7	1.08061	5.4	0.335156
45	Point	7	1.08062	4.3	0.864604
46	Point	7	1.08063	3.3	0.827641
47	Point	B	1.08064	2.3	0.820151
48	Point	B	1.08065	3.7	2.542978
49	Point	7	1.08066	6.1	2.401429
50	Point	A	1.08067	10.1	1.035577
51	Point	A	1.08068	2.3	2.886755
52	Point	F	1.08069	NULL	NULL
53	Point	7	1.08070	3.9	2.571906
54	Point	7	1.08071	6.4	0.761245
55	Point	7	1.08072	5.4	0.843256
56	Point	7	1.08073	4.4	0.512793
57	Point	7	1.08074	5.4	1.200000

yktochi97\_pt | tochi1997

図 2 - 7 (b) 解析後の属性データ

## 2-3 データ概要・収集方法と運用

### 2-3-1 土地利用データ（100 m メッシュ）の概要

100 m メッシュの土地利用データとして、「国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ（100 m メッシュ）」（国土交通省）を使用した。

これは、全国の土地利用の状況について、3 次メッシュ 1/10 細分区画（100 m メッシュ）毎に、各利用区分（田、畑、果樹園、森林、荒地、建物用地、幹線交通用地、湖沼、河川等）を整備したものである。利用区分は整備年度により異なっている。

データ作成年度は、1976 年、1987 年、1991 年、1997 年、2006 年の 5 カ年である。

以下に各年のデータ概要を示す。（国土交通省 HP より抜粋）

#### （1）1976 年，1987 年

1/25 000 地形図を基図とし、有意データを示す四隅の座標値をパターンアナライザで読み込み、2 次メッシュ単位の正規化座標で整備されており、別途作成した 1/100 細分区画行政データとクロス集計し、3 次メッシュ毎に整備された。これらを国土数値情報統一フォーマット（旧フォーマット）に変換し、土地利用メッシュデータとなっている。

#### （2）1991 年，1997 年，2006 年

1991 年のデータは、人工衛星（Landsat）リモートセンシングによる画像データについて、幾何補正や NVI（正規化植生指標）算出等を行い、1/25 000 地形図も用いて、土地分類基準に従い 2 次メッシュ単位の正規化座標で整備されている。

1997 年のデータは、数値地図を用いて 2 次メッシュ単位の正規化座標で整備されている。これらを国土数値情報統一フォーマット（旧フォーマット）に変換し、土地利用メッシュデータとされており、さらに、JPGIS 準拠のデータ形式に変換する際、3 次メッシュデータと細分メッシュデータを分割し、土地利用 3 次メッシュデータが作成されている。

2006 年のデータは、人工衛星（TERRA（Aster）、ALOS）リモートセンシングによる画像データについて、幾何補正や NVI（正規化植生指標）算出等を行い、数値地図も用いて、土地分類基準に従い 2 次メッシュ単位の正規化座標で整備されている。

これらのデータを国土交通省より提供されているデータ変換ツール（ksj Tool）を用いて、テキストファイルからシェープファイルに変換して ArcMap に取り込んだ。

変換されて作成されたシェープファイルは、ポリゴンメッシュタイプである。

属性データとして土地利用種別番号、セルサイズが格納されている。

## 2-3-2 土地利用細分メッシュデータの収集方法と運用

土地利用細分メッシュデータは XML 形式で整備され、そのままでは GIS ソフトで解析に用いることができない。そのため、運用までに幾つかの手順を踏む必要がある。

以下にその手順を示す。

### (1) データの収集

- ①国土交通省「国土数値情報ダウンロードサービスページ」より、希望する地域をクリックし、対象地域の土地利用細分メッシュデータをダウンロードする（ZIP ファイル）。データのメッシュサイズは東西に 90 km、南北に 70 km で、例えば東京都はデータ 5339 内にすべておさまっている。
- ②ZIP ファイルを解凍すると、選択地点分の XML 方式の土地利用データが使用可能になる。
- ③ダウンロードページ内にある、データ変換ツール：ksj tool を用いて、XML データを shp ファイル（ポリゴンメッシュ）に変換する。

### (2) データの運用

- ①ArcMap を起動し、マップ描画エリア上で右クリックし、「データフレームプロパティ」を開く。
- ②「座標系」タブにて、投影座標を設定する。本研究では神奈川県が対象であることから、「投影座標系」→「各国の座標系」→「日本」→「平面直角座標系第 9 系（JGD 2000）」の順に選択し、データフレームに投影座標を設定する。
- ③画面上部「+」マークをクリックし、(1) ③でシェープファイルに変換した土地利用データをマップに追加する。
- ④追加すると、「不明な座標空間」、「追加された以下のデータソースは空間参照が定義されていません。このデータは ArcMap で描画されますが、投影することはできません」と警告アラートが出る。構わず OK をクリックする（図 2-3-1）。

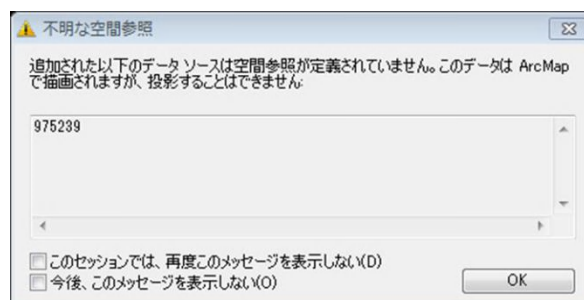


図 2-3-1 警告アラート

### (3) データの座標系変換

空間座標が指定されていないデータを ArcMap に追加すると、前項に記述したとおりの警告が出る (図 2-3-1)。そこで、追加したデータについて、座標系を設定する必要がある。

土地利用データはすべて「日本測地系 (GCS\_Tokyo)」に準拠して作成されているため、まず始めに、地理座標系として「日本測地系 (GCS\_Tokyo)」を定義し、世界測地系である「日本測地系 2000 (JGD 2000)」へ座標変換を行い、その後さらに「平面直角座標系第 9 系 (JGD 2000)」へ投影変換を行う。

- ① ArcToolBox 内「データ管理ツール」→「投影変換と座標変換」→「投影法の定義」を選択する (図 2-3-2 ①)。
- ② 追加したデータを選択し、座標系を選択する (図 2-3-2 ②)。  
「地理座標系」→「アジア」→「日本測地系 (Tokyo)」の順にクリックし、投影法を定義する (図 2-3-2 ③)。
- ③ 次に、ArcToolBox 内「データ管理ツール」→「投影変換」を選択する (図 2-3-3 ①)。
- ④ ②で座標系定義したデータを選択する (図 2-3-3 ②)。
- ⑤ 選択したデータの下に、入力データの座標系として、(GCS\_Tokyo) と表示されている事を確認する (図 2-3-3 ③)。
- ⑥ 出力データの座標系欄において、  
「地理座標系」→「アジア」→「日本測地系 2 000 (JGD 2 000)」の順に選択し、入力データに地理座標を設定する (図 2-3-3 ④)。
- ⑦ 地理座標系変換欄に “Tokyo\_To\_JGD\_2 000\_NTv2” と表示されていることを確認して OK をクリックする。
- ⑧ 保存ディレクトリを外部フォルダにした場合、出力されたデータをマップに追加する。  
(デフォルトでは作業データベースに追加される設定になっている)
- ⑨ ArcToolBox 内「データ管理ツール」→「投影変換」を選択する。
- ⑩ 下の「環境」をクリックする。
- ⑪ 「出力座標」をクリックする。
- ⑫ 「出力データの座標系」のプルダウンメニューから、「表示領域に一致」を選択する。  
下の行に薄く “JGD\_Japan\_Zoned\_9” と表示されていることを確認して、OK をクリックする。 (図 2-3-4)
- ⑬ 入力データセットに、⑦で座標変換したデータを選択し、OK をクリックする。 (図 2-3-5)
- ⑭ 出力されたデータのプロパティを開き、ソースタブを確認する。  
「投影座標系」: JGD\_2 000\_Japan\_Zoned\_9 「投影法」: Transverse\_Mercator  
となっていれば座標変換完了である。 (図 2-3-6)



#### （４）土地利用細分メッシュデータの画面表示

デフォルトの設定ではすべてのメッシュが同一色でカラーリングされている（図 2-3-7）。

このままでも解析が可能ではあるが，視覚的な設定を説明する。

- ①データを右クリックし，「プロパティ」を開く。
- ②「シンボル」タブを選択し，左側表示メニューから「カテゴリ」を選択する。
- ③「個別値」→「すべての値を追加」を選択し，集計が終了後，OK をクリックする（図 2-3-8）。
- ④拡大すると，色分けされたマップが表示されている（図 2-3-9）。

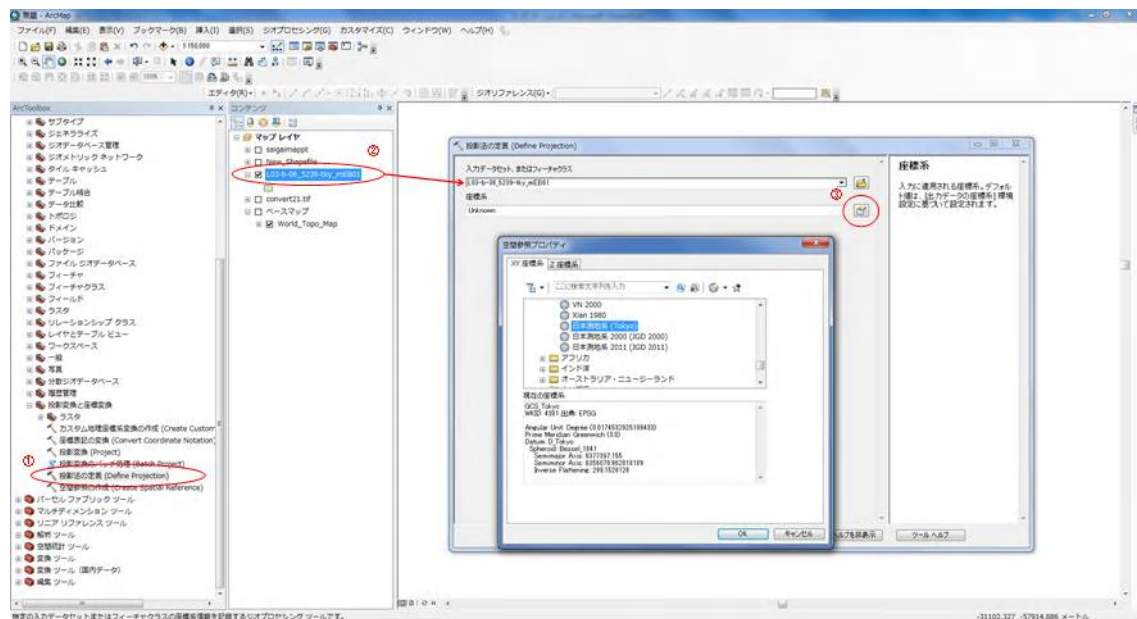


図 2 - 3 - 2 投影法の定義

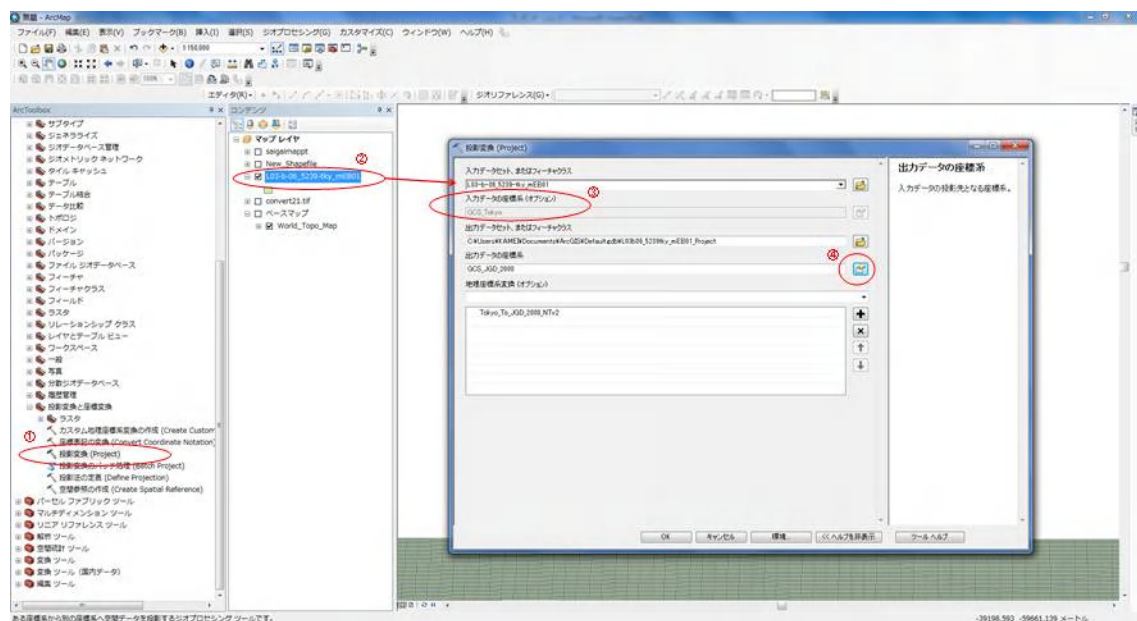


図 2 - 3 - 3 投影変換 1

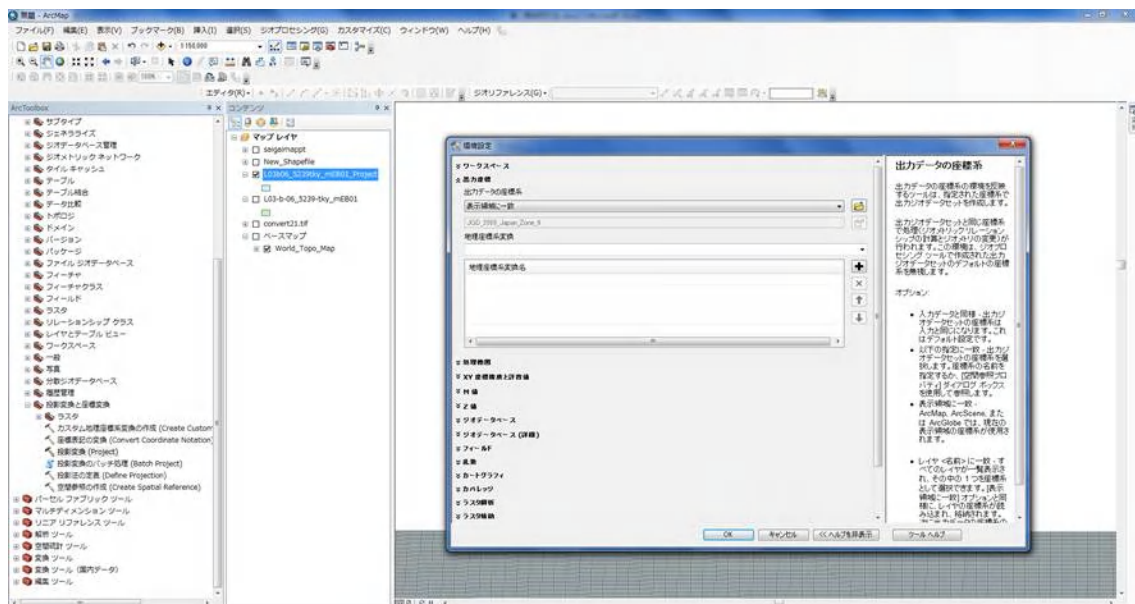


図 2 - 3 - 4 投影変換 2

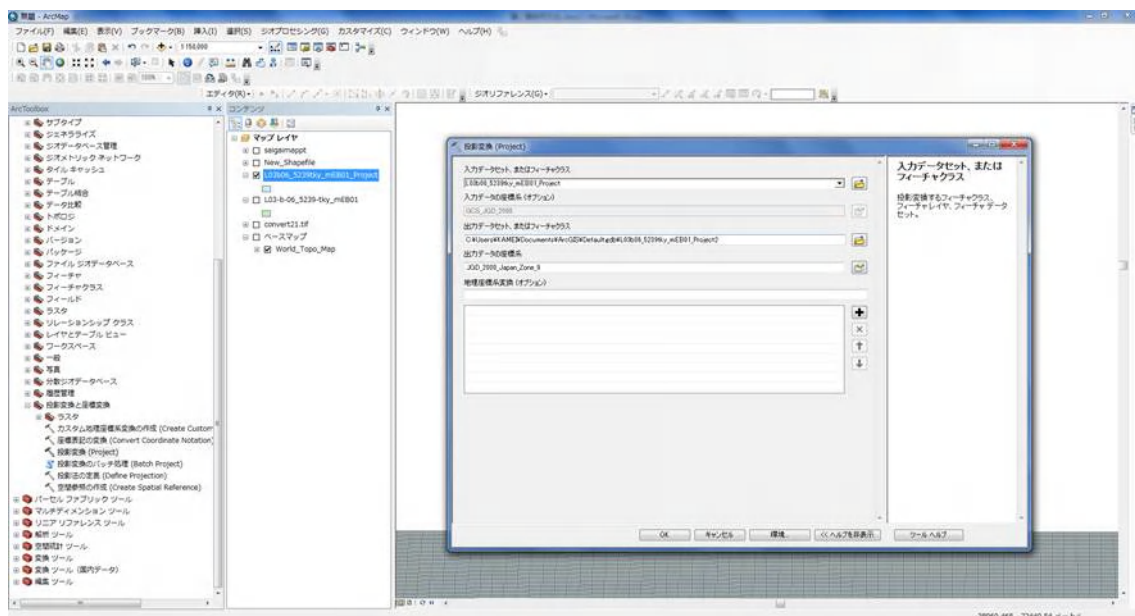


図 2 - 3 - 5 投影変換 2

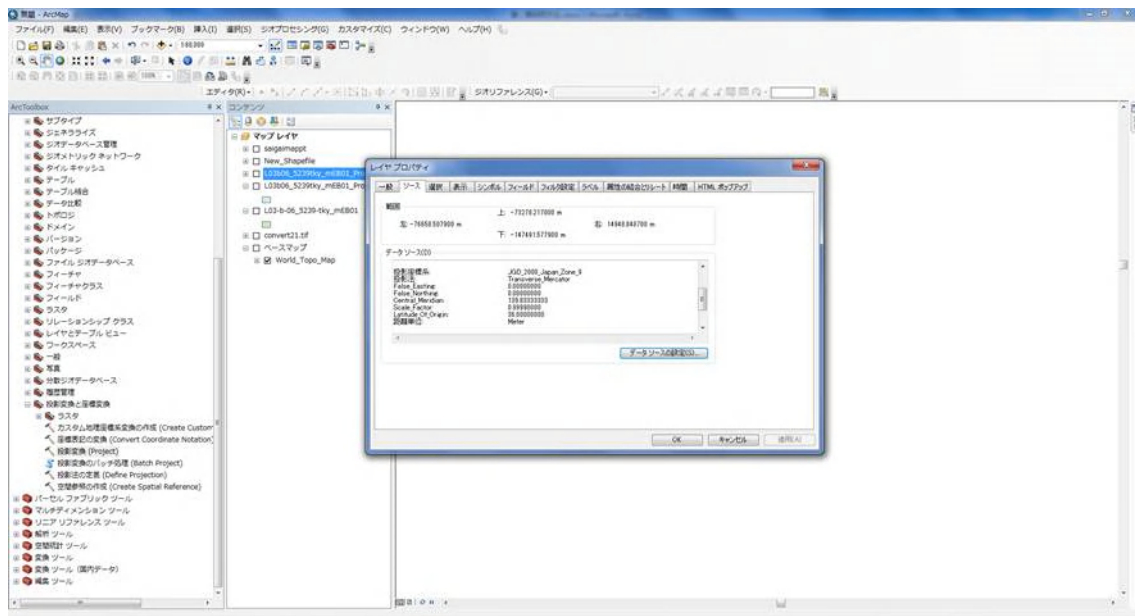


図 2-3-6 データソースの確認

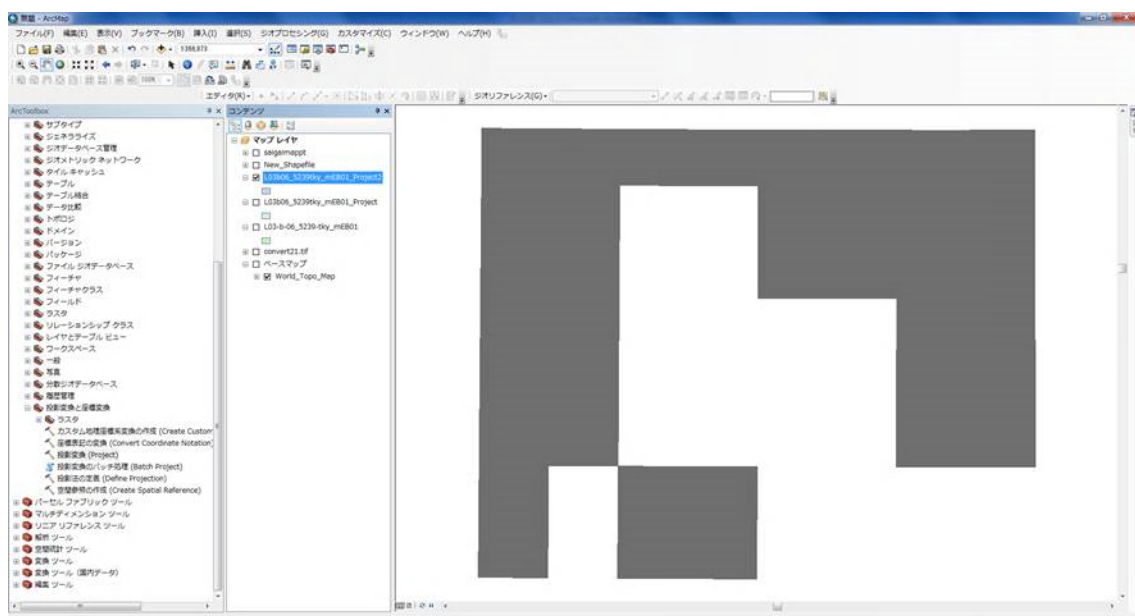


図 2-3-7 デフォルト設定での表示

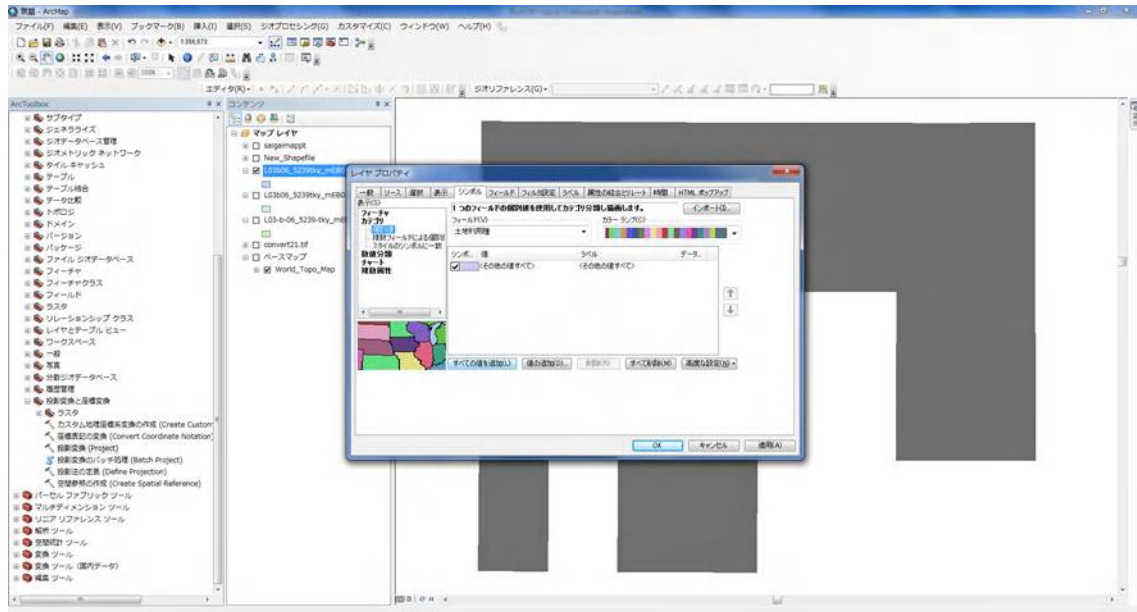


図 2-3-8 「すべての値を追加」

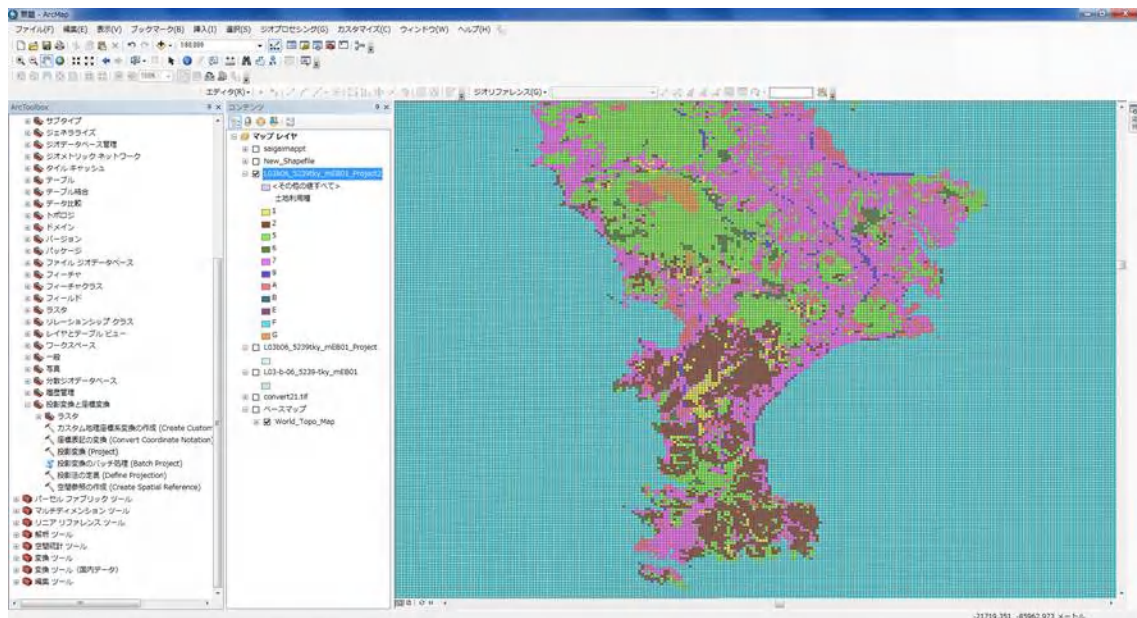


図 2-3-9 すべての値を追加したマップ

### 2-3-3 土地利用データ（10 m メッシュ）の概要

本研究では、2-3-1にて述べた土地利用細分メッシュデータ（国土交通省）と併用して、国土地理院より発行・公開されている、「細密数値情報（10 m メッシュ土地利用）」を使用した。

「細密数値情報（10 m メッシュ土地利用）」データは、約5年毎に行われた過去4回の宅地利利用動向調査をもとに作成された土地利用に関する数値情報であり、首都圏・中部圏・近畿圏について実施されている。首都圏に関しては、第1回調査では昭和49年（1974年）時点と昭和54年（1979年）時点について、第2回調査では昭和59年（1984年）、第3回調査では平成元年（1989年）、第4回調査では平成6年（1994年）時点について、首都圏整備法に基づく約8,300 km<sup>2</sup>の地域を対象に、土地利用の現状及びその変化状況について調査が行われている。

合計839ファイルで構成されている本データは、10 m メッシュで、空中写真から判読した土地利用情報を16種類の土地利用分類コード化し、平面直角座標系のもと、3 km×4 km（南北方向×東西方向）を1ファイルとしてテキスト形式で整備されている。

本研究では、研究対象地である横浜市、川崎市が含まれる、首都圏のデータを使用した。

#### （1）宅地利利用動向調査とは

宅地利利用動向調査は、宅地関連情報の体系的整備の一環として、宅地需要の逼迫している首都圏・中部圏・近畿圏の主要部を対象に、宅地等の利用の現況及び変化の状況を、高精度の土地利用に関する数値情報として整備し、その活用を図ることにより、宅地関連政策の総合的展開に必要な基礎情報を得るために、国土地理院が建設省（現・国土交通省）建設経済局の協力を得て開始した調査である。（国土地理院 HP より抜粋）

表2-2に調査実施時期の一覧を示した。

表2-2 調査実施時期一覧

調査回	調査実施年度	土地利用調査基準年 (調査時期)	調査対象地域面積
第1回調査	1981年～1982年	1974年（第1時期）	6,329 km <sup>2</sup>
		1979年（第2時期）	7,679 km <sup>2</sup>
第2回調査	1985年～1986年	1984年（第3時期）	8,241 km <sup>2</sup>
第3回調査	1989年～1991年	1989年（第4時期）	8,247 km <sup>2</sup>
第4回調査	1994年～1996年	1994年（第5時期）	8,256 km <sup>2</sup>



## （２）細密数値情報の概要

国土交通省より提供されている土地利用細分メッシュデータは、GIS で処理するためのデータ形式になっており、GIS で使用するファイルに変換するツールも提供されているのに対し、本データは 3 km×4 km を 10 m 区切りでメッシュ分けした際に各メッシュに格納されるべき土地利用種別番号がテキスト形式で保存されており、ファイル名がメッシュの座標情報を指定しているのみのデータとなっている、そのため、GIS を用いて解析するためには、数値データを適切な方法で処理する必要がある。

本データは、測量法及び平成 14 年国土交通省告示第 9 号に定める平面直角座標系に準拠しており、首都圏データについては、第 9 系（第 9 系の原点は、北緯 36 度 0 分 00 秒，東経 139 度 50 分 00 秒）の座標値を使用している。

## （３）データファイル名

ファイル名は、1 文字目が圏域（首都圏は「s」、中部圏は「c」、近畿圏は「k」）を、2 文字目が調査時期を、「\_」の後の 4 桁がファイルコードを表している。

例えば、「sl\_2714.tdu」であれば、首都圏における 1974 年（第 1 時期）のファイルコード 2714 地区の土地利用データである。

各データは、平面直角座標第 9 系の原点から、X 軸方向に 3 km 毎、Y 軸方向に 4 km 毎に分割され、1 つのファイルに納められている。それぞれのファイル名には、以下の式（１）によってファイルコードが与えられている（X、Y の単位は km）。

$$\text{ファイルコード} = ((-(\text{左上隅 X 座標}) + 30) / 3 * 100) + ((\text{左上隅 Y 座標} + 80) / 4) \quad \cdots (1)$$

つまり、上式より、ファイルコードから左上隅の X、Y 座標を算出する式は以下の様になる。

$$\text{左上隅 X 座標} = -((\text{ファイルコードの上 2 桁}) * 3 - 30)$$

$$\text{左上隅 Y 座標} = ((\text{ファイルコードの下 2 桁}) * 4 - 80)$$

図 2-3-10 に数値細密情報のイメージを、図 2-3-11 に位置関係を示す。例として「sl\_2714.tdu」を想定する。

ここで、ファイルコード 2714 地区メッシュの左上隅の X、Y 座標はそれぞれ以下の通りに計算される。

$$\text{左上隅 X 座標} = -(27 * 3 - 30) = -54 \text{ (km)}$$

$$\text{左上隅 Y 座標} = -(14 * 4 - 80) = +24 \text{ (km)}$$

なお、X 軸、Y 軸は測量における座標系の軸であるため、幾何座標系の x 軸、y 軸とは逆になっていることに留意が必要である。

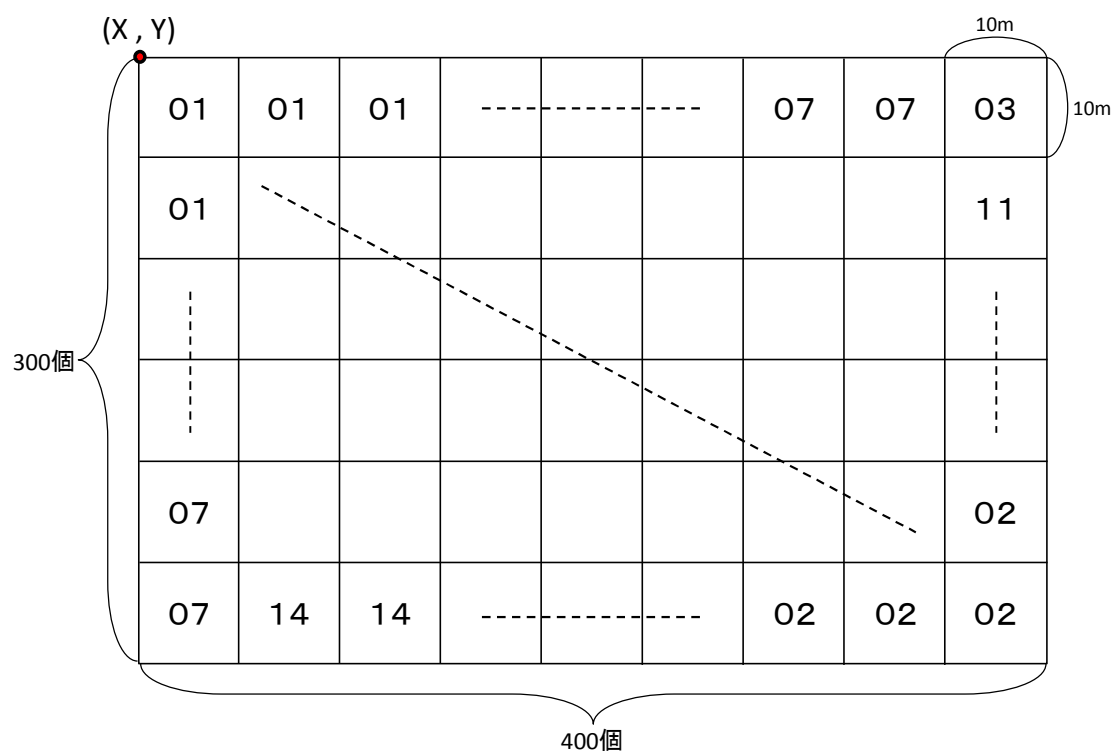


図 2 - 3 - 1 0 細密数値情報のイメージ（数字は土地利用種別を表す）

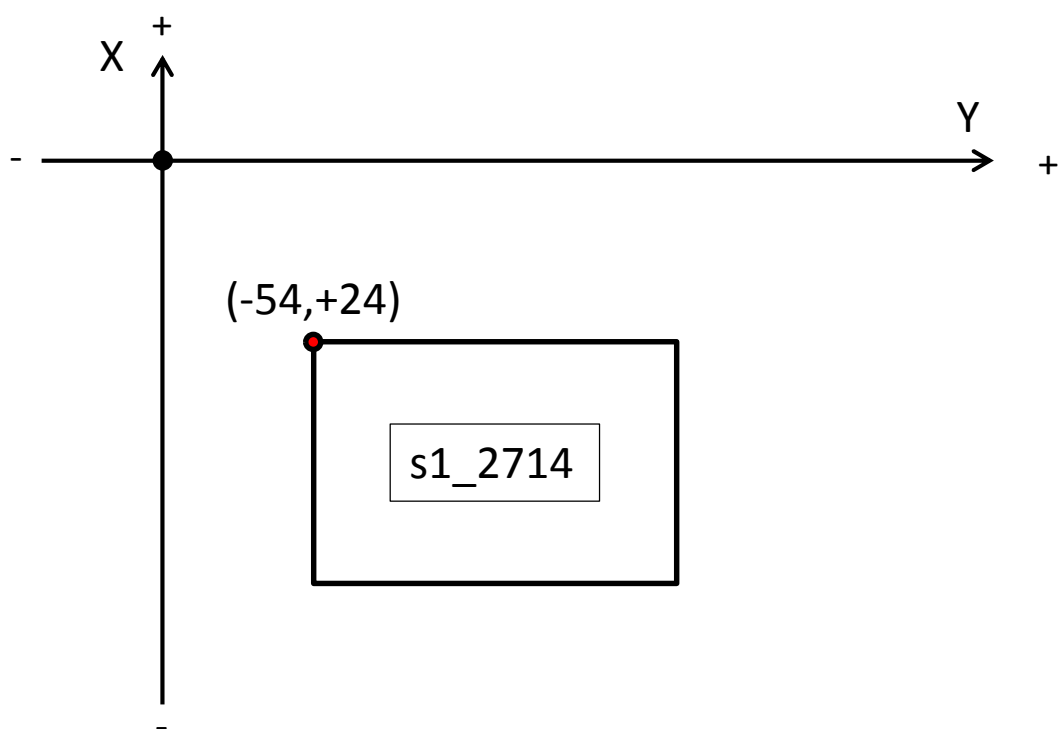


図 2 - 3 - 1 1 データ「s1\_2714」の位置関係のイメージ



## 2-3-4 土地利用細分メッシュデータと細密数値情報の対応

本研究において使用した土地利用データは2種類あり、国土交通省が公開している「土地利用細分メッシュデータ」と、国土地理院が公開している「細密数値情報」について、分類コードがそれぞれ異なっている。「土地利用細分メッシュデータ」は分類コードが11～15種類（年度により異なる）であり、「細密数値情報」は16種類の分類コードに分けられている。

本研究では任意の地点について、その地点の土地利用種別、傾斜角、標高データを集計・分析を行うために、統一した分類が必要であった。

そこで、統一の種別を用意し、それぞれのデータの分類コードを用意した種別に割り当て、どちらのデータを扱っても同様に分析できるようにした。

本研究において用意した分類種別は8種類である（表2-3）。

表2-4に、土地利用細分メッシュデータにおける分類コードと本研究で用いた分類の対応を、表2-5に、細密数値情報における分類コードと本研究で用いた分類の対応をそれぞれ示した。

表2-3 本研究において使用した分類種別

種別	定義
田	湿田・乾田・泥田・蓮田及び田
その他の農用地	麦・陸稲・野菜・草地・芝地や、リンゴ・梨などの果樹園など
森林・荒地	多年生植物の密生している地域・崖や岩、万年雪などの地域
建物用地	住宅地・市街地等で建物が密集しているところ
幹線交通用地	道路・鉄道・操車場などで面的に捉えられるところ
その他の用地	運動競技場・空港・競馬場などの広域や、人口造成地の空き地など
河川地及び湖沼	人工湖、自然湖、池など平水時に常に水があるところや河川など
海	海岸に接する砂、れき、岩および干潟、海面

表 2－4 土地利用細分メッシュデータの分類コードと本研究で使⽤した分類の対⽐

コード	1976 年	1987 年	1991 年 1997 年 2006 年	本研究
1	田	田	田	田
2	畑	畑	その他の農用地	その他の農用地
3	果樹園	果樹園	－	
4	その他の樹木畑	その他の樹木畑	－	
5	森林	森林	森林	森林・荒地
6	荒地	荒地	荒地	
7	建物用地 A	建物用地	建物用地	建物用地
8	建物用地 B	－	－	
9	幹線交通用地	幹線交通用地	幹線交通用地	幹線交通用地
A	その他の用地	その他の用地	その他の用地	その他の用地
B	湖沼	内水地	河川地及び湖沼	河川地及び湖沼
C	河川地 A	－	－	
D	河川地 B	－	－	
E	海浜	海浜	海浜	海
F	海水域	海水域	海水域	
G	－	－	ゴルフ場	その他の用地

表 2－5 細密数値情報の分類コードと本研究で使⽤した分類の対⽐

コード	大分類	中分類	小分類	本研究
01	山林・農地等	山林・荒地等		森林・荒地
02		農地	田	田
03			畑・その他の農地	その他の農用地
04	造成地	造成中地		その他の用地
05		空き地		
06	宅地	工業用地		建物用地
07		住宅地	一般低層住宅地	
08			密集低層住宅地	
09			中高層住宅地	
10			商業・業務用地	
11	施設用地 公共公益	道路用地		幹線交通用地
12		公園・緑地等		その他の用地
13		その他の公共公益施設用地		建物用地
14	河川・湖沼等			河川地及び湖沼
15	その他 (基地等の防衛施設や皇居)			その他の用地
16	海			海

## 2-3-5 数値細密情報の収集方法と運用

### (1) データの収集方法

細密数値情報は、国土地理院 HP「細密数値情報（10 m メッシュ土地利用）のダウンロード」ページより入手した。各圏域について、都道府県別に第 1 時期から第 5 時期までの 5 年分が用意されている。

本研究は研究対象地が神奈川県内であるため、神奈川県のデータ（ZIP フォルダ）を 5 年分ダウンロードした。ダウンロードした ZIP フォルダを解凍すると、神奈川県内全域のファイルが格納されているために、研究対象地をカバーしているメッシュのファイルコードを持つファイルのみを抽出する。上述のダウンロードページにて地域とファイルコードが確認可能である地図が用意されている。

本研究における研究対象地をカバーするファイルコードを抽出したところ、総数 76 ファイルであった。1 ファイルには 10 m メッシュで 3 km×4 km, すなわち 120 000 個 (300\*400) のデータが納められている。

### (2) データの運用

- ①テキスト（.tdu）形式で保存されているファイルを、プログラムによりアスキー（.asc）形式に書き換える。その際に、ファイルコードから左上隅 X, Y 座標を計算し、種別を付け加えた、3 列（X 座標, Y 座標, 種別番号）×12 万行となるプログラムを使用した。その後、変換したアスキーファイルを ArcMap に取り込む。
- ②ArcMap を開き、「データの追加」からアスキーファイルを追加する。
- ③「データ管理ツール」→「レイヤとテーブルビュー」→「X,Y イベントレイヤの作成」を選択する。
- ④「XY フィールド」→追加したアスキーファイル  
「X フィールド」→“Field 1”（X 座標）  
「Y フィールド」→“Field 2”（Y 座標）  
「Z フィールド」→“Field 3”（種別番号）  
「空間参照」→平面直角座標第 9 系（JGD\_2000）  
と設定し、レイヤ名を任意の名前に入力し、「OK」を押す。
- ⑤イベントレイヤは一時的なデータであり、そのままでは解析が実行されないため、  
「データ管理ツール」→「フィーチャ」→「フィーチャ→ポイント」ツールを使用して、ポイントデータに変換する。
- ⑥作成されたポイントデータは研究対象領域以外の部分も含んでいるため、「編集ツール」→「ポイントの削除」ツールを用いて、研究対象領域の形にくり抜く。削除フィーチャには研究対象領域の行政区界ポリゴンを指定し、タイプを「outside」にする。

### （３）データの公開について

「細密数値情報（10 m メッシュ土地利用）」は、1981 年～1997 年に三大都市圏（首都圏，中部圏，近畿圏）の主要部を対象地域として行われた宅地利用動向調査の成果である．

また，宅地利用動向調査は，三大都市圏（首都圏，近畿圏，中部圏）を調査対象とし，宅地関連政策の総合的展開に必要な高精度な土地利用データの作成を目的とされている．

この調査で得られた結果は，1974 年～1997 年の数値データは，細密数値情報（10 m メッシュ土地利用）データ（グリッドデータ）として無料公開されているが，2000 年以降の調査は，数値地図 5 000（土地利用）データ（ポリゴンデータ）として地理情報標準に準拠した形式で，CD-ROM にて有料公開されている．

そのため本研究では，無料公開されている「細密数値情報（10 m メッシュ土地利用）」（国土地理院）と，「土地利用細分メッシュデータ」（国土交通省）の 2 つのデータを，土地利用データとして解析に用いることにした．

### 2-3-6 標高データ（10 m メッシュ）の収集方法と運用

標高データは、国土地理院「基盤地図情報ダウンロードサービス」より、基盤地図情報数値標高モデル（10 m メッシュ）を使用した。

入手した DEM データ（Digital Elevation Model：数値標高モデル）は、ArcGIS に取り込んだ後、ラスタデータに変換して解析に使用した。

#### （１）データの収集

- ①国土地理院「基盤地図情報ダウンロードサービス」にアクセスし、利用者登録を行う。
- ②ログイン後、「基盤地図情報数値標高モデル」を選択し、メッシュサイズを指定（5m or 10m）
- ③データを希望する範囲を地図上で選択し、ファイルをダウンロードする（Zip 形式）

#### （２）データの運用

ダウンロードした標高データは、同ページ内で提供されている、「基盤地図情報ビューア」を用いて表示・シェープファイルへの変換が可能である。

また、ArcTool「基盤地図情報（GML）のインポート」を用いて DEM 標高図を作成することも可能である。

本研究では、ArcTool を用いて DEM 標高図を作成し、ラスタに変換して解析を行った。

#### （３）ラスタの投影変換

作成したラスタも、土地利用データと同様、空間情報が定義されていない為、新たに投影法を定義する必要がある。

標高データは、「日本測地系 2000（JGD\_2000）」に準拠して作成されている。

ArcToolBox 内「データ管理ツール」→「投影変換と座標変換」→「ラスタ」→「ラスタの投影変換」から、2-3-2 同様に投影変換が必要である。

ラスタを作成する際に、地理座標系は自動的に日本測地系 2000 が検出され設定されているため、本工程では「日本測地系 2000（JGD\_2000）」→「平面直角座標系第 9 系（JGD\_2000\_Japan\_Zoned\_9）」に変換するのみである。

### 2-3-7 傾斜角 (12.5 m, 50 m メッシュ)

本研究で使用した傾斜角データは、ArcTool の傾斜角計算ツールを用いて、10m メッシュ標高ラスタを用いて作成した。傾斜角計算ツールは、対象セルとその近隣セルを比較し、それらの値の最大変化率を計算する。原則として、対象セルとその 8 つの近隣セルの高度を比較したときに、距離に対するそれらの最大高度変化が対象セルからの最も急な降下傾斜となる。

理論的には、処理対象セルを中心とする 3\*3 近傍セルの Z 値に合わせた平面を想定する。この平面の傾き値は、平均最大法を用いて計算される。この平面の向きは、処理対象セルの傾斜方向となる。傾斜角の値が小さくなる程地表は平らになり、傾斜角の値が大きくなるほど地表が急勾配になる。

傾斜角は以下の式 (1), (2) を用いて求められる。式 (2) において、57.29578 は  $180^\circ/\pi$  の数値である。

以下の図 2-3-1 2, 式 (3), (4) に傾斜角のアルゴリズムを示す。

$$\text{slope\_radians} = \text{Atan} \sqrt{\left[\frac{dz}{dx}\right]^2 + \left[\frac{dz}{dy}\right]^2} \quad \dots (1)$$

$$\text{slope\_degrees} = \text{Atan} \sqrt{\left[\frac{dz}{dx}\right]^2 + \left[\frac{dz}{dy}\right]^2} * 57.29578 \quad \dots (2)$$

a	b	c
d	e	f
g	h	i

図 2-3-1 2 ラスターセル (a~i:各セル値)

例えば、セル e の傾斜角を求める場合、 $dz/dx$ ,  $dz/dy$  はそれぞれ以下の様に計算される。

$$[dz/dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / (8 * x\_cellsize) \quad \dots (3)$$

$$[dz/dy] = ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / (8 * y\_cellsize) \quad \dots (4)$$

ここに、a ~ i は、各セル内に格納されている標高値を表す。値が同一セル内に 2 つ以上ある場合、平均値が用いられる。

傾斜角の計算に際して、計算の元となる標高 DEM が 10 m 間隔であるため、10 m メッシュと 50 m メッシュで 2 パターンの傾斜角の計算を試みた。しかし、10 m メッシュでは計算の際に作成されるセル領域の 1 部に値が格納されない場合があり、その部分が No Data になってしまう事象が確認されたため、12.5 m メッシュで計算した。

## 2-3-8 土砂災害発生地点

神奈川県土整備部砂防海岸課ホームページ内にある神奈川県土砂災害記録マップでは、神奈川県が蓄積した、1974年から2004年までに発生した神奈川県内の土砂災害記録が公開されている。

本研究では、実際に土砂災害が発生した箇所と標高、傾斜角、標高の関係性の傾向を掴むために、土砂災害記録マップから入手できる土砂災害発生地点データを使用した。

まず、神奈川県土整備部のWebサイトで土砂災害記録マップを開き、対象領域の画像データを表示させて、保存・入手した(図2-3-13)。

次に、画像編集ソフトを用いて、保存した画像すべてを1枚のJPEGに結合させた。その後、結合した画像をArcMapに取り込む(図2-3-14)。画像は位置情報を持たないため、そのままでは表示されないため、ジオリファレンスメニューより「表示範囲にフィット」を選択し、画面に表示させる(図2-3-15)。表示させた画像の位置を合わせるために、コントロールポイントを使って地形図に合わせる(図2-3-16)。位置を合わせるポイントを追加したら、「メニュー」→「変換」→「アジャスト」を選択する(図2-3-17)。位置を合わせる際は、海岸線を基準にして調整した。位置を合わせたら画像の透過率を50%にし、実際にきちんと重なっているか確認する(図2-3-18)。その後、レクタファイを実行する(図2-3-19)。これにより、表示中の地理情報を追加した新たなラスタが作成される。任意の場所とファイル名を指定し、tiffファイルを保存する。

### (1) データの収集方法

- ①ArcCatalogにて任意のフォルダに新規シェープファイルを作成する。(図2-3-20)
- ②“New\_Shapfile.shp”が作成された(図2-3-21)。
- ③ArcMap上で図2-23にて作成したtiff画像と作成したシェープファイルを開く。
- ④「エディタ」→「編集の開始」を選択する(図2-3-22)。
- ⑤「エディタ」→「編集ウィンドウ」→「フィーチャ作成」を選択(図2-3-23)。
- ⑥画面右側に編集ウィンドウが開き、編集対象となっているシェープファイルが表示さ(この場合、New\_Shapefile) 下部にポイントが選択されている事を確認する(図2-3-24)。
- ⑦tiff画像の災害発生地点に合わせてポイントを追加していく(図2-3-25)。図2-3-26に示す通り、ポイントの先がポイント状になっている。
- ⑧すべての点を打ち終えたら、「エディタ」→「編集の終了」を選択(図2-3-27)
- ⑨図2-3-28にすべての点を打ち終えた全体図を示す。





図 2-3-13 土砂災害記録マップ画像の保存

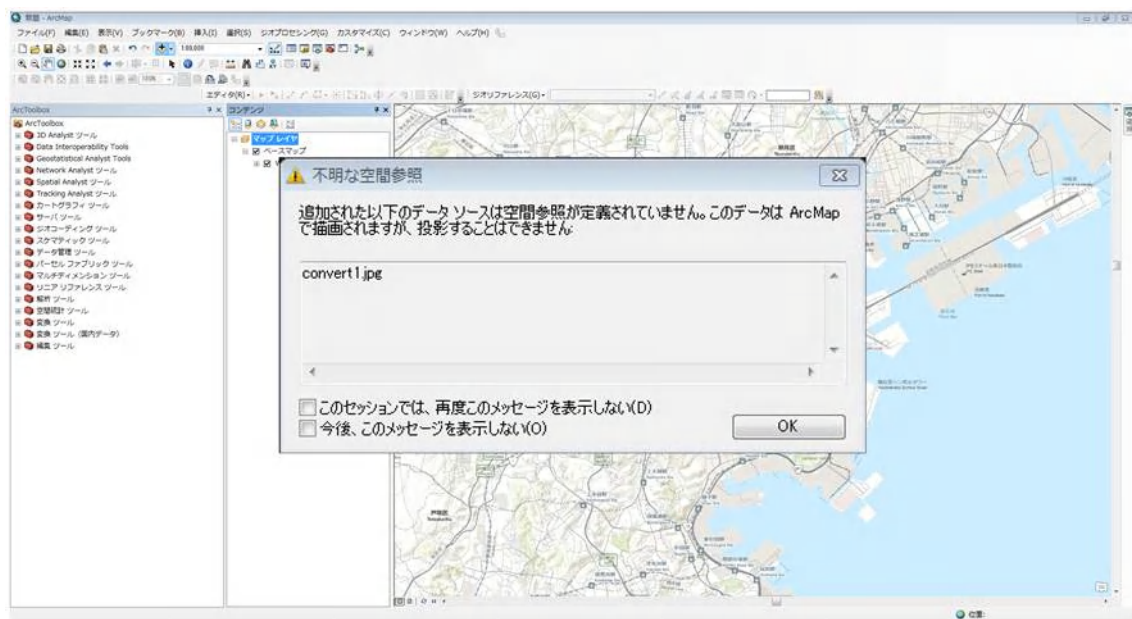


図 2-3-14 画像 (convert1.jpg) を ArcMap へ取り込む

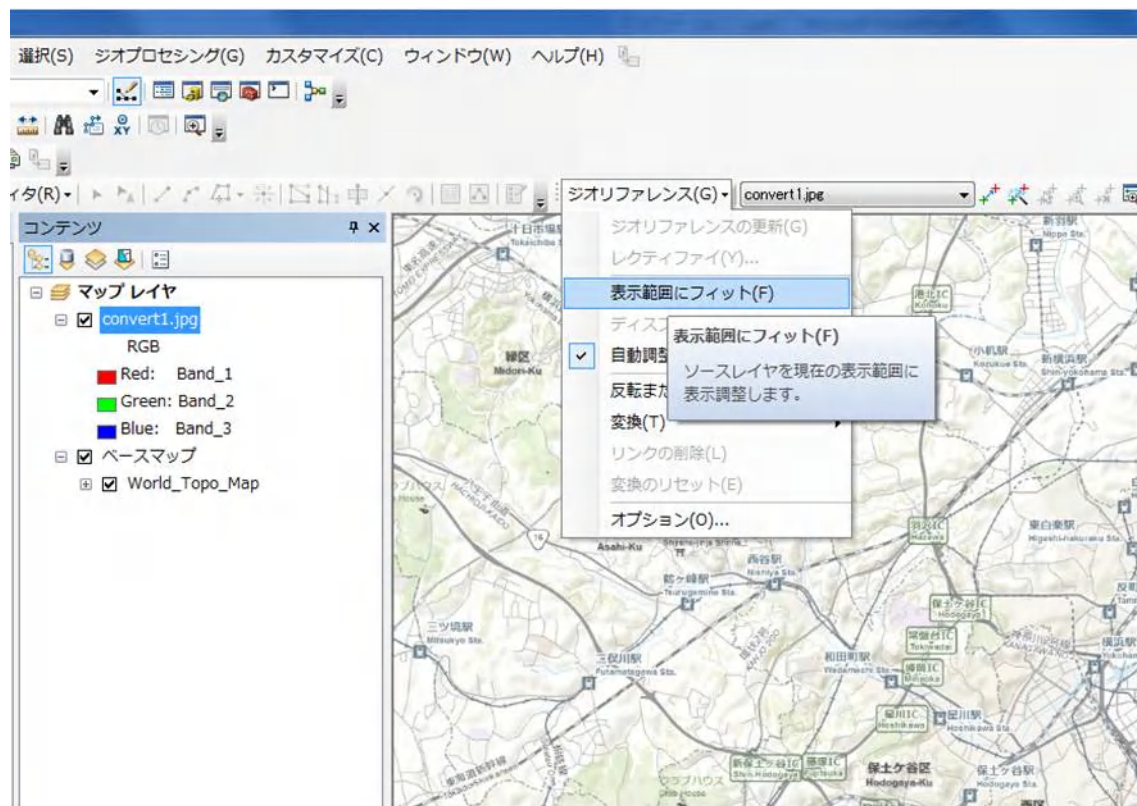


図 2-3-15 「表示範囲にフィット」

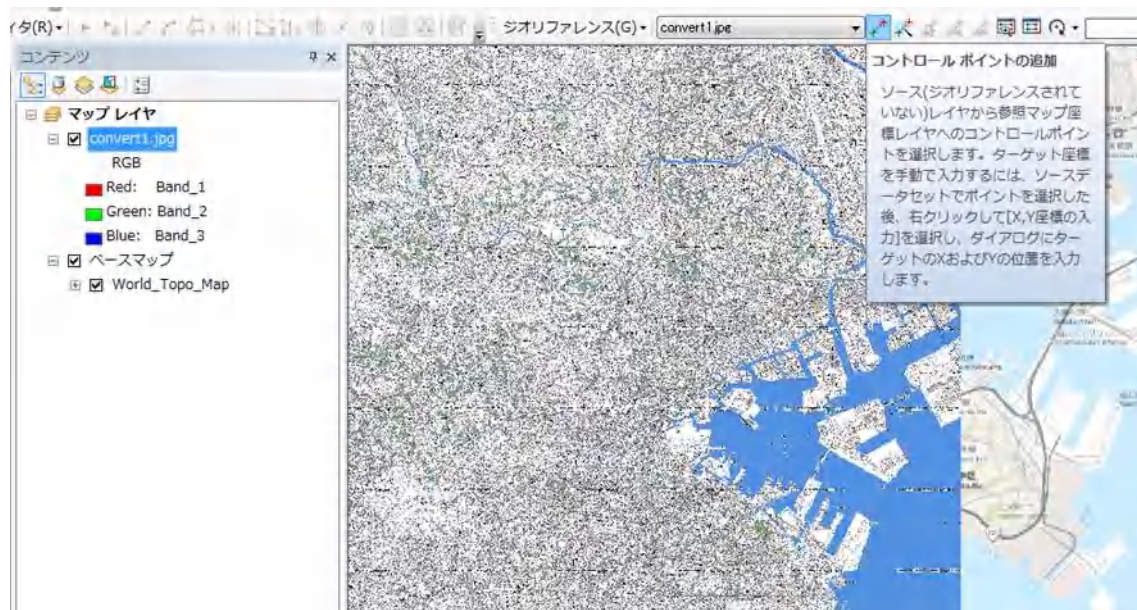


図 2-3-16 「コントロールポイントの追加」



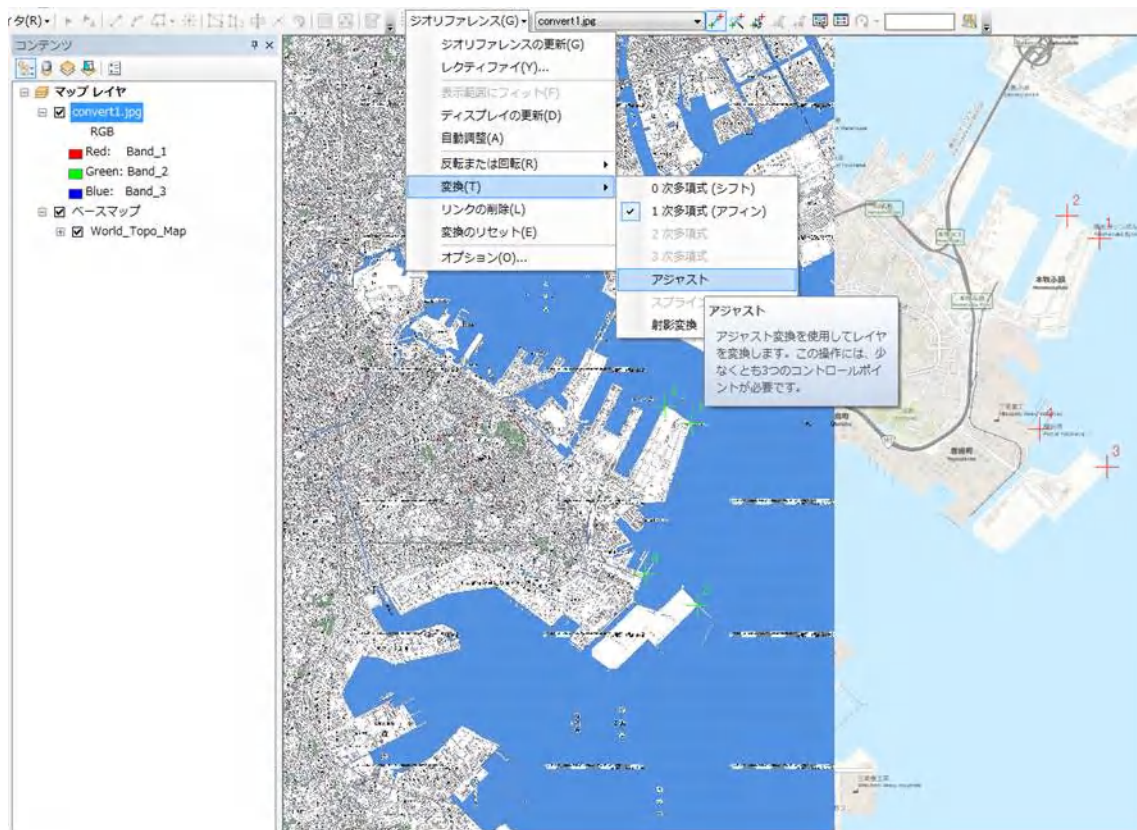


図 2-3-17 選択したポイントのアジャスト

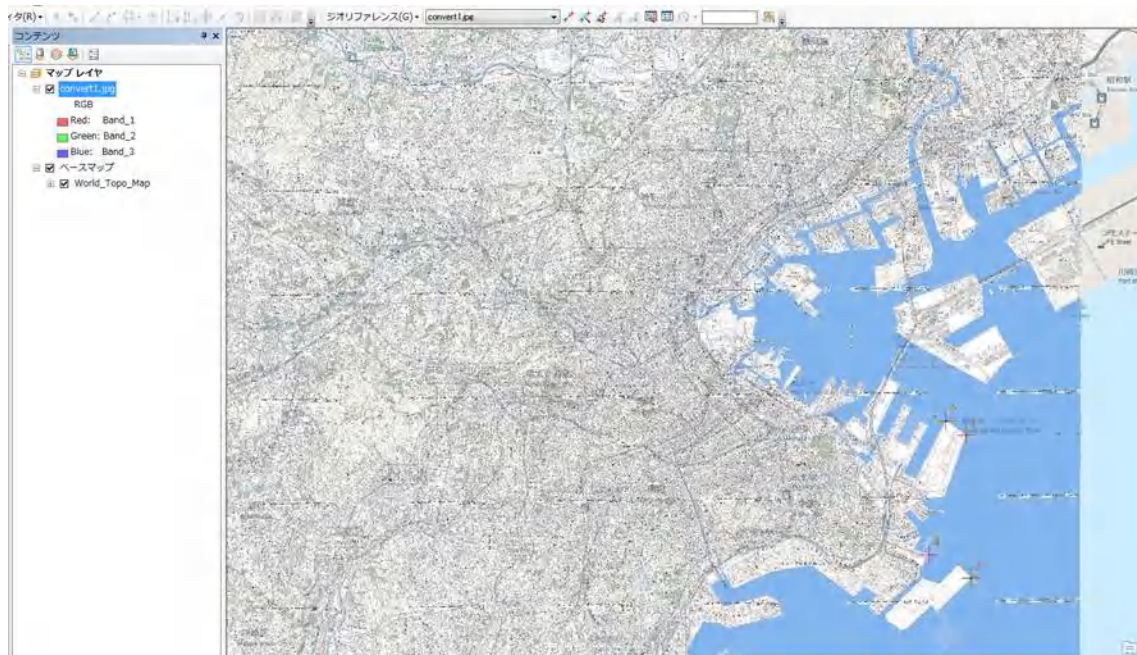


図 2-3-18 アジャストされた画像

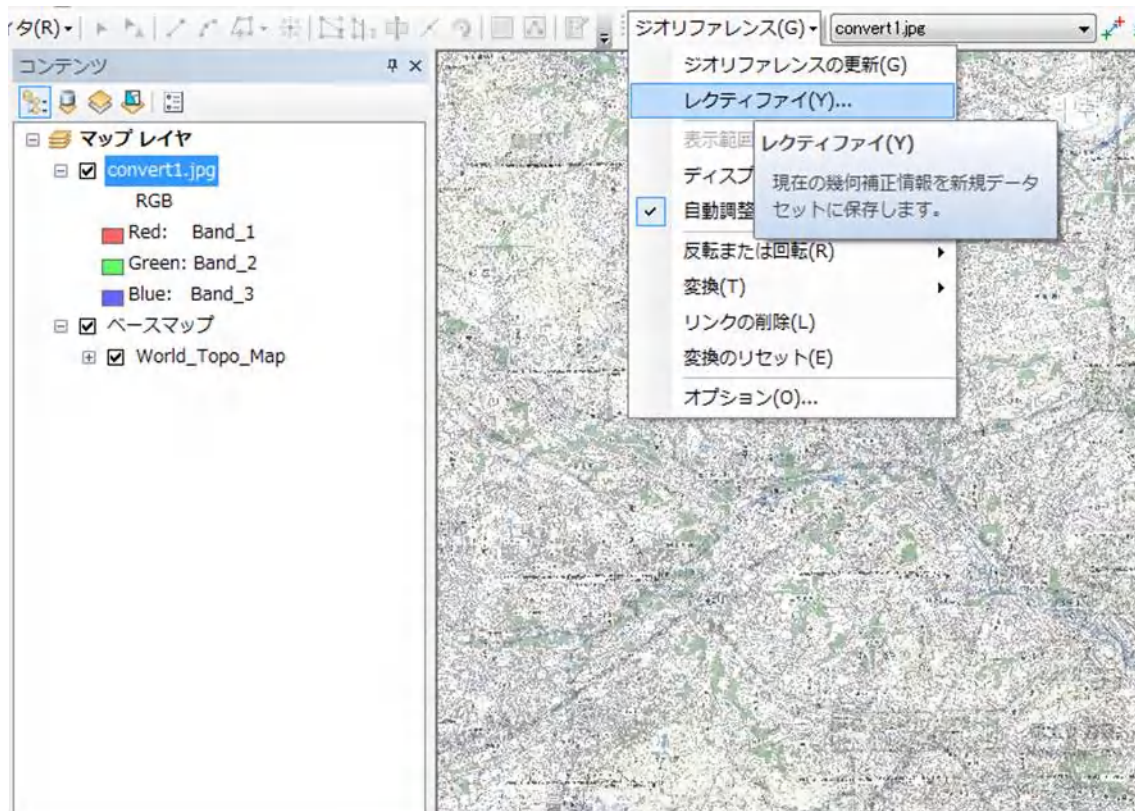


図 2-3-19 レクティファイ

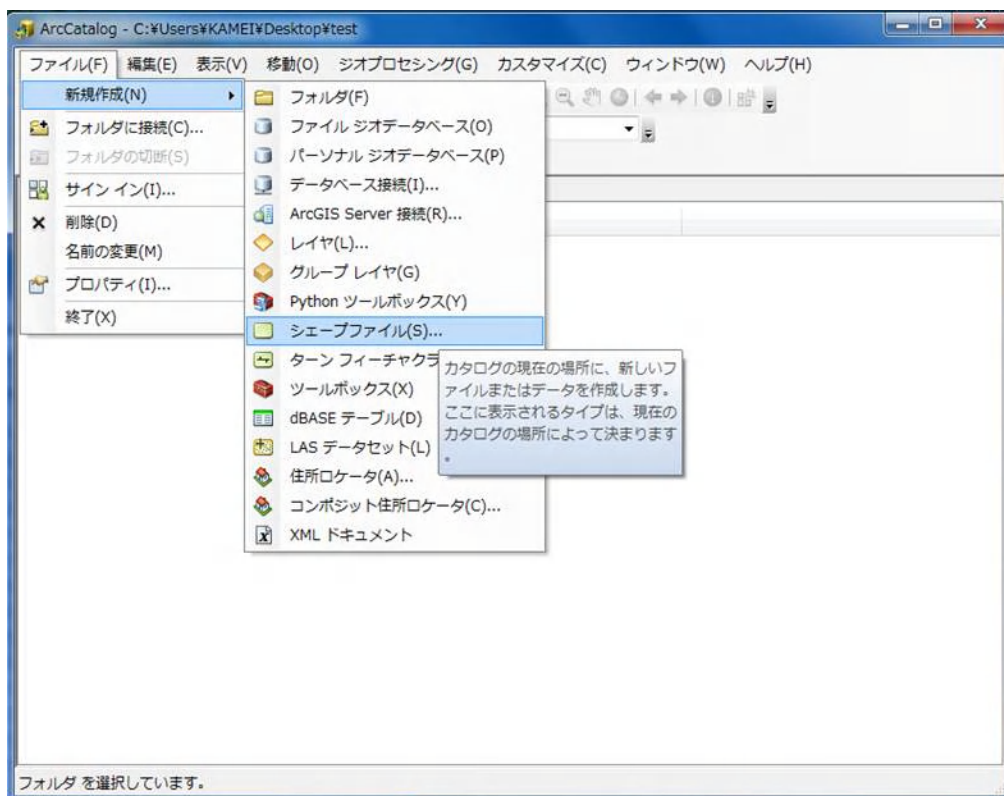


図 2-3-20 新規シェープファイルの作成



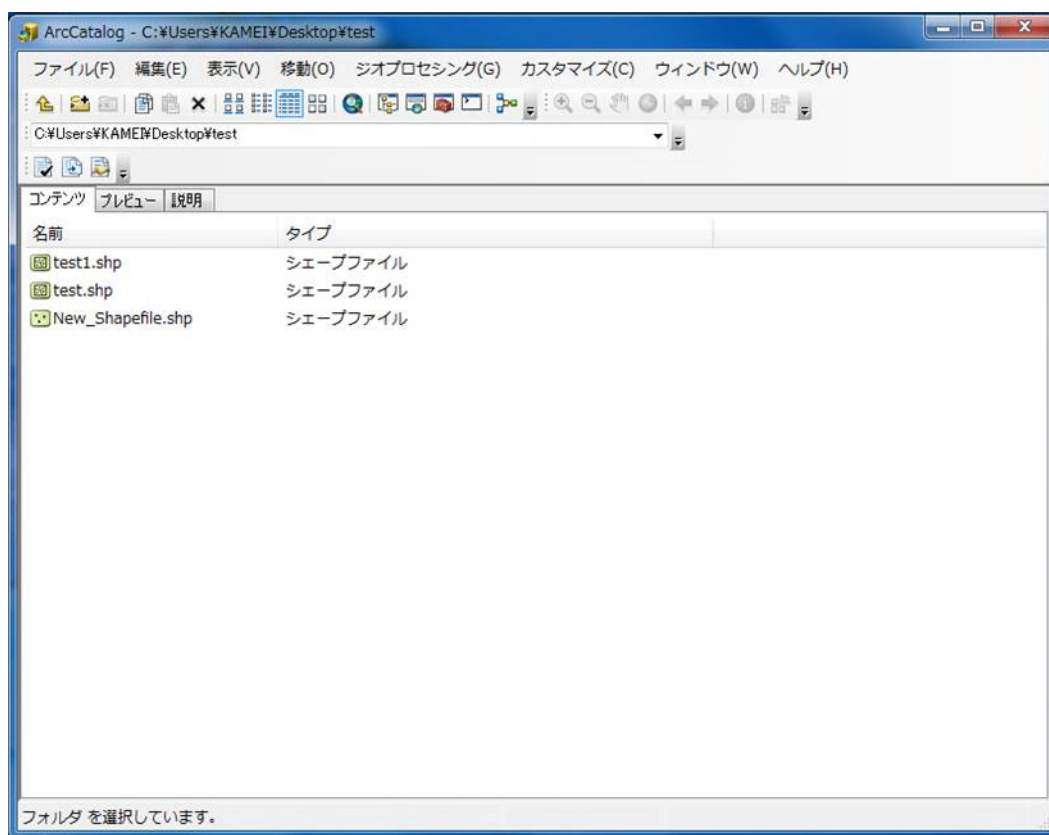


図 2 - 3 - 2 1 新規シェープファイルが作成された

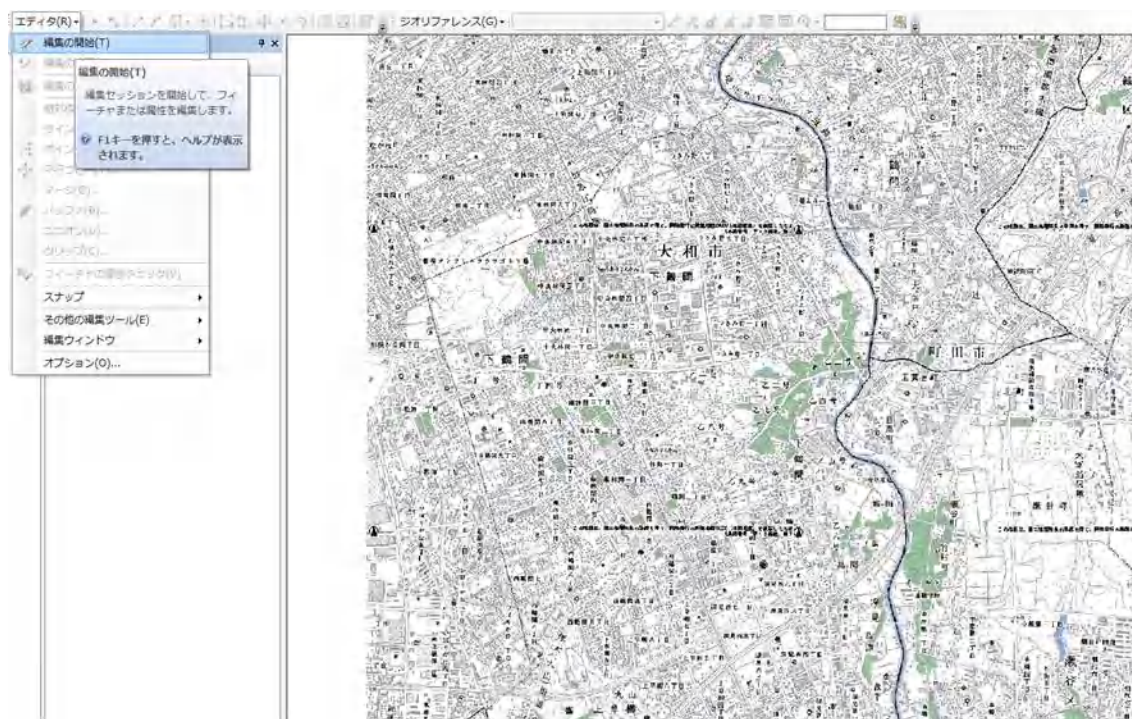


図 2 - 3 - 2 2 編集の開始

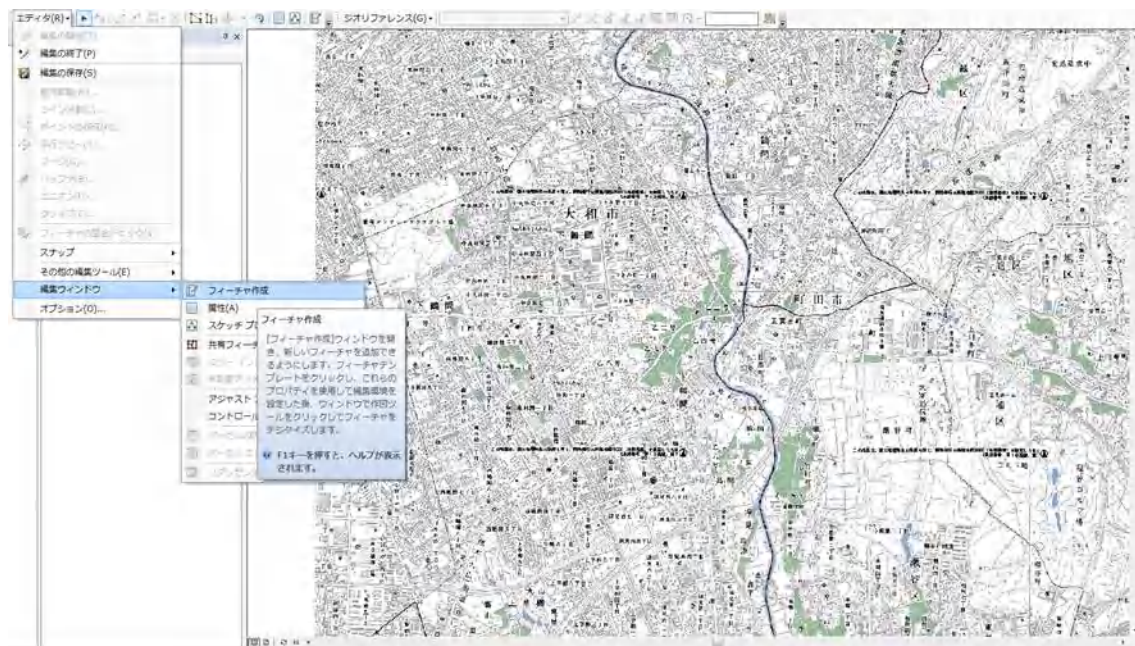


図 2-3-23 フィーチャ作成



図 2-3-24 編集ウィンドウの確認





図 2-3-25 ポイントの追加



図 2-3-26 ポインタの拡大図



図 2－3－2 7 編集の終了

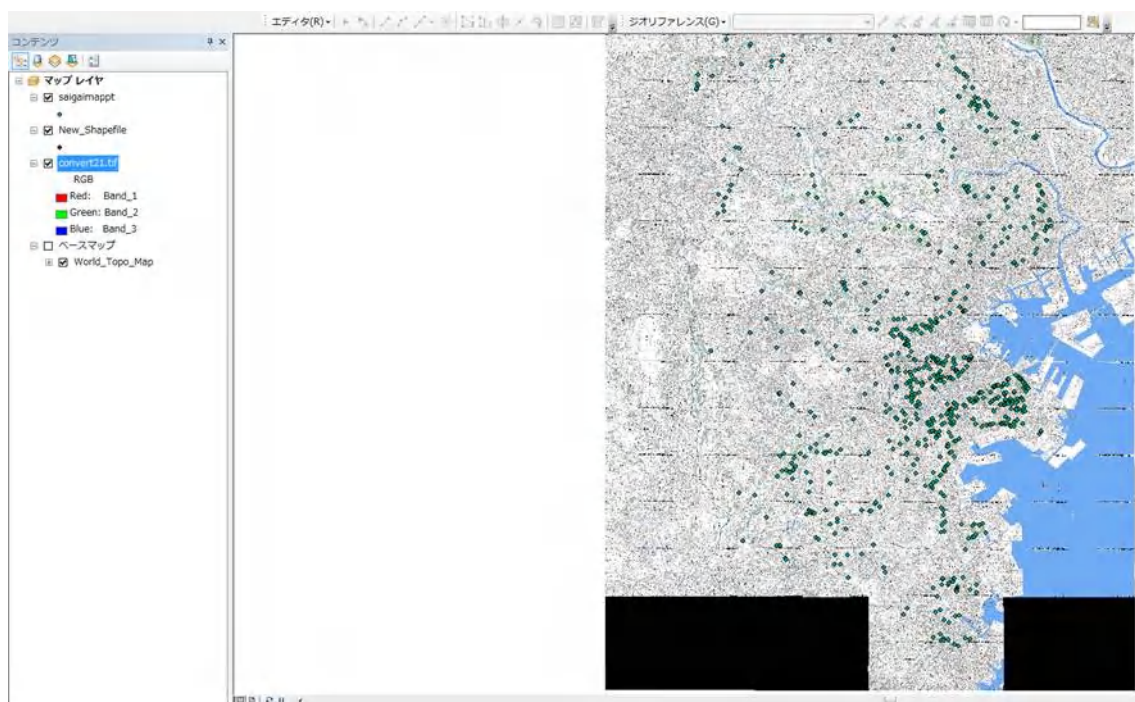


図 2－3－2 8 災害地点を追加したシェープファイルと画像の全体図



### 2-3-9 気象庁アメダス雨量記録

気象庁横浜観測所における，1976 年から 2015 年までの雨量データについて，日ごとの値で整理し，1 日における最大時間雨量を基に集計を行った．

集計は 10 mm/h 以上，15 mm/h 以上，20 mm/h 以上，30 mm/h 以上，50 mm/h 以上雨量回数の 5 パターンに分けて行い，40 年間の総数，及び 10 年ごとの平均回数を算出した．

また，研究領域内もしくは近傍の観測点として海老名，府中観測所，豪雨地帯として練馬，熊谷観測所の雨量データについても同様に集計した．

## 第三章 分析結果

### 3-1 データ分析の精度確認

#### 3-1-1 12.5 m メッシュ傾斜角と 50 m メッシュ傾斜角の比較

始めに、標高ラスタから得られた、12.5 m メッシュ及び 50 m メッシュの傾斜角について、実際の地形との対応関係を検証した。研究対象地全域では範囲が広く検証が困難であったため、詳細地域として、横浜市磯子区磯子駅前を選んだ。図 3-1-1 に研究対象地内での位置関係を示す。

横浜市磯子区は横浜市の東南に位置し、南北に約 8 km、東西に約 6 km の区域で、根岸湾に面している。沿岸部の低地の大半は埋立地であり、それを囲むように丘陵地が広がっている。区内の大部分は宅地化されているが、南部の円海山周辺には緑地が残されている。磯子駅前の特徴として、急峻な丘陵地を開発してできた住宅地が多い事が挙げられる。駅前的大通りから一本西側の住宅街に入るとすぐに急斜面が広がっている。その背景には、かつて石油コンビナートが湾岸に整備される際に丘陵地の土砂が使用され、同時に住宅街が整備された歴史がある。

磯子駅前の地形図と衛星写真をそれぞれ図 3-1-2 (a), (b) に示した。地形図と衛星写真から、駅前の横須賀街道を境に住宅街が広がっている事が分かる。また、衛星写真に 12.5 m メッシュ傾斜角と 50 m メッシュ傾斜角コンター図を、それぞれ透過率を 70 % にして重ね合わせて表示させた画像を図 3-1-3 (a), (b) に示した。コンター図から、大通りより西側で赤になっており、急斜面が広がっていることが分かる。

次に、国土地理院 web 地形図から磯子区磯子駅前の地形図画像を入手し 50 m メッシュ格子線を引き、格子の 4 隅の標高を読み取り、対象格子の傾斜角を実際に手計算で算出した傾斜角値と、ArcGIS で計算された傾斜角値を比較した (図 3-1-4)。

その結果、12.5 m メッシュでは住宅街や隣接する崖地の傾斜角を反映できていたが、50 m メッシュでは実際の地形状況よりも低い値となり、概ね半分の値となることがわかった。12.5 m メッシュの傾斜角計算領域は 12.5 m 四方 ( $156.25 \text{ m}^2$ ) であり、50 m メッシュでは 50 m 四方 ( $2500 \text{ m}^2$ ) であるが、都市近郊では戸建て宅地の土地面積は 30~50 坪 ( $100\sim165 \text{ m}^2$ ) である。つまり、12.5 m メッシュでは 1~2 軒の区画の傾斜角を表しており、50 m メッシュでは 10~25 軒の区画を表しているため、階段状の宅地や裏山の崖地を表現するには 12.5 m メッシュが適していることが分かった。ただし、メッシュサイズを細かくすると計算機負荷が指数的に増大するため、汎用 PC での処理には 50 m メッシュが適している事が分かった。

そこで、本研究において、傾斜角データとして、12.5 m メッシュで計算した値を取り扱う事にした。

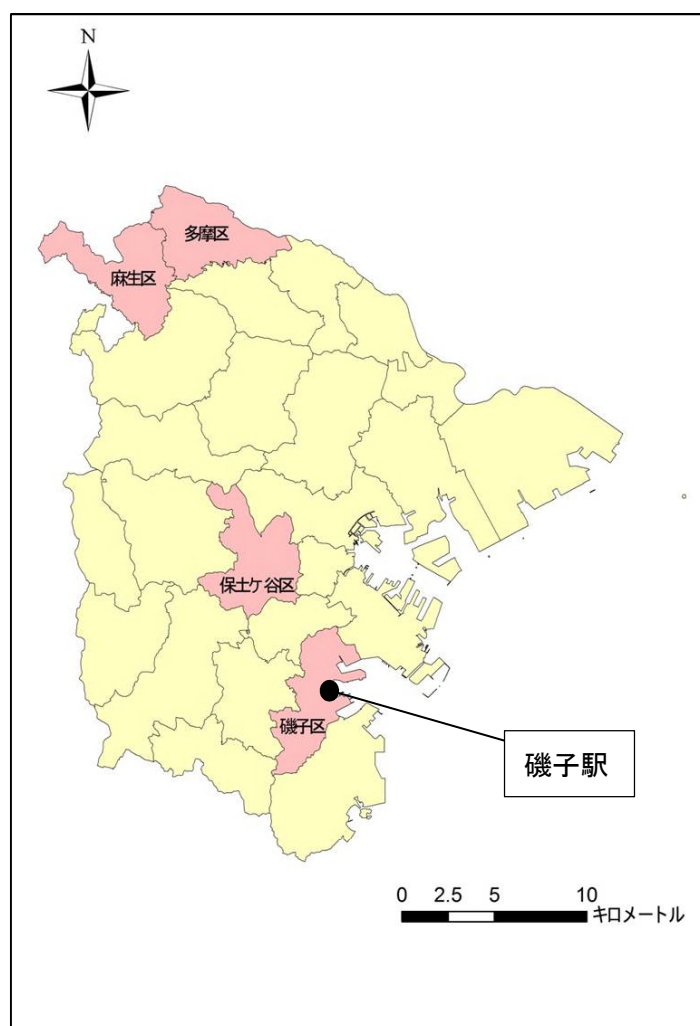


図 3 - 1 - 1 磯子区と磯子駅の位置





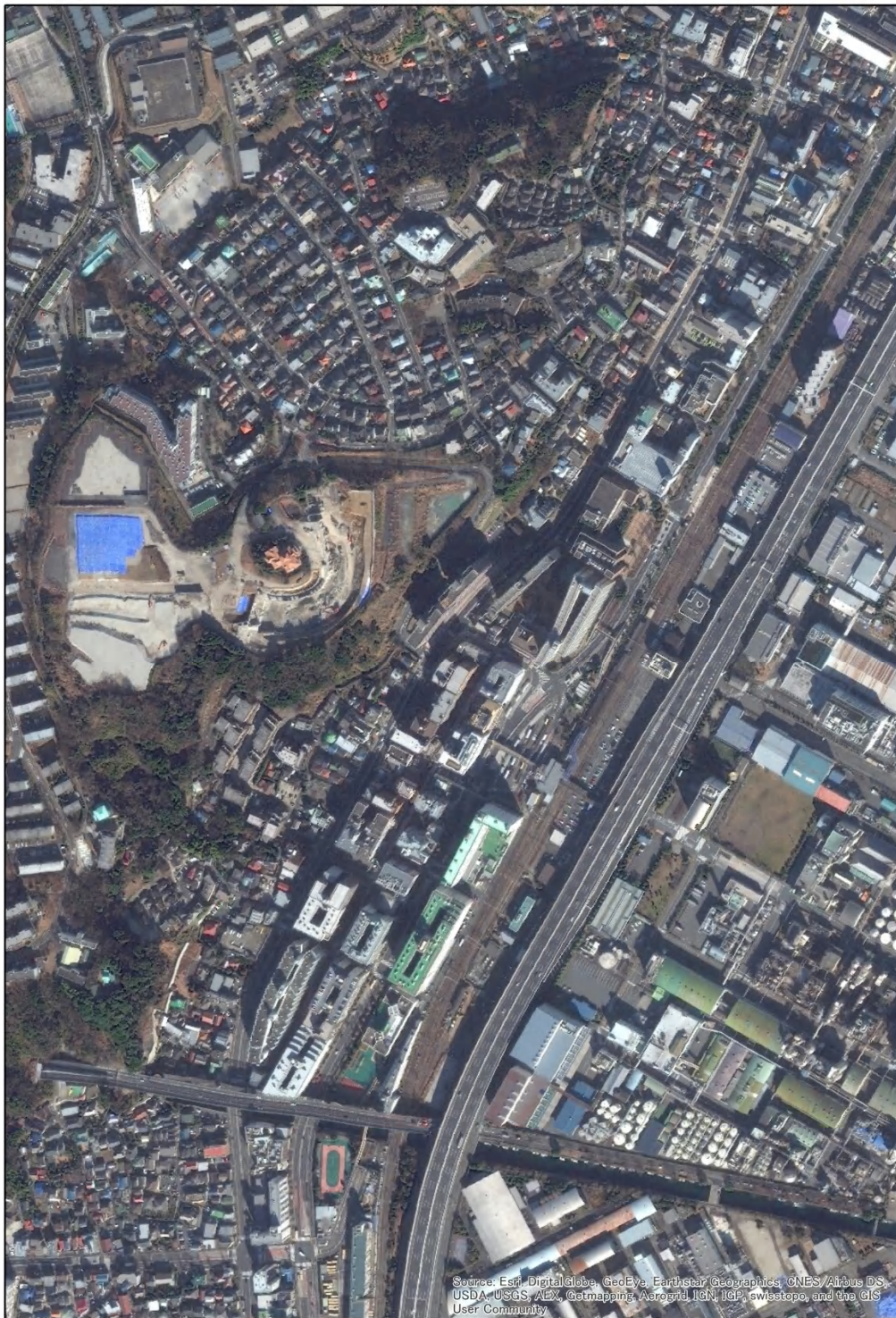


図 3 - 1 - 2 (b) 磯子駅前の衛星写真



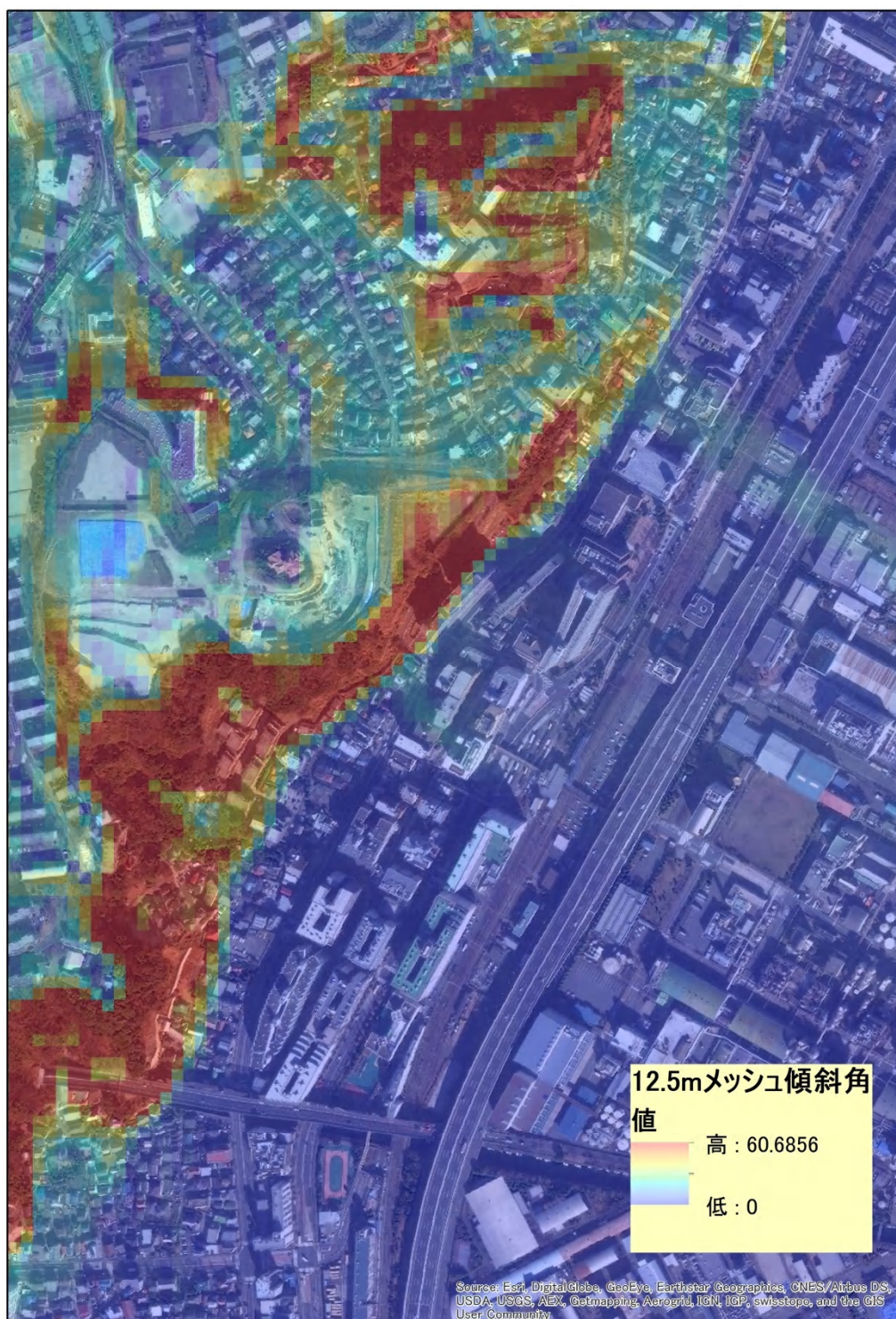


図 3 - 1 - 3 (a) 衛星写真と 12.5 m メッシュ傾斜角コンター図



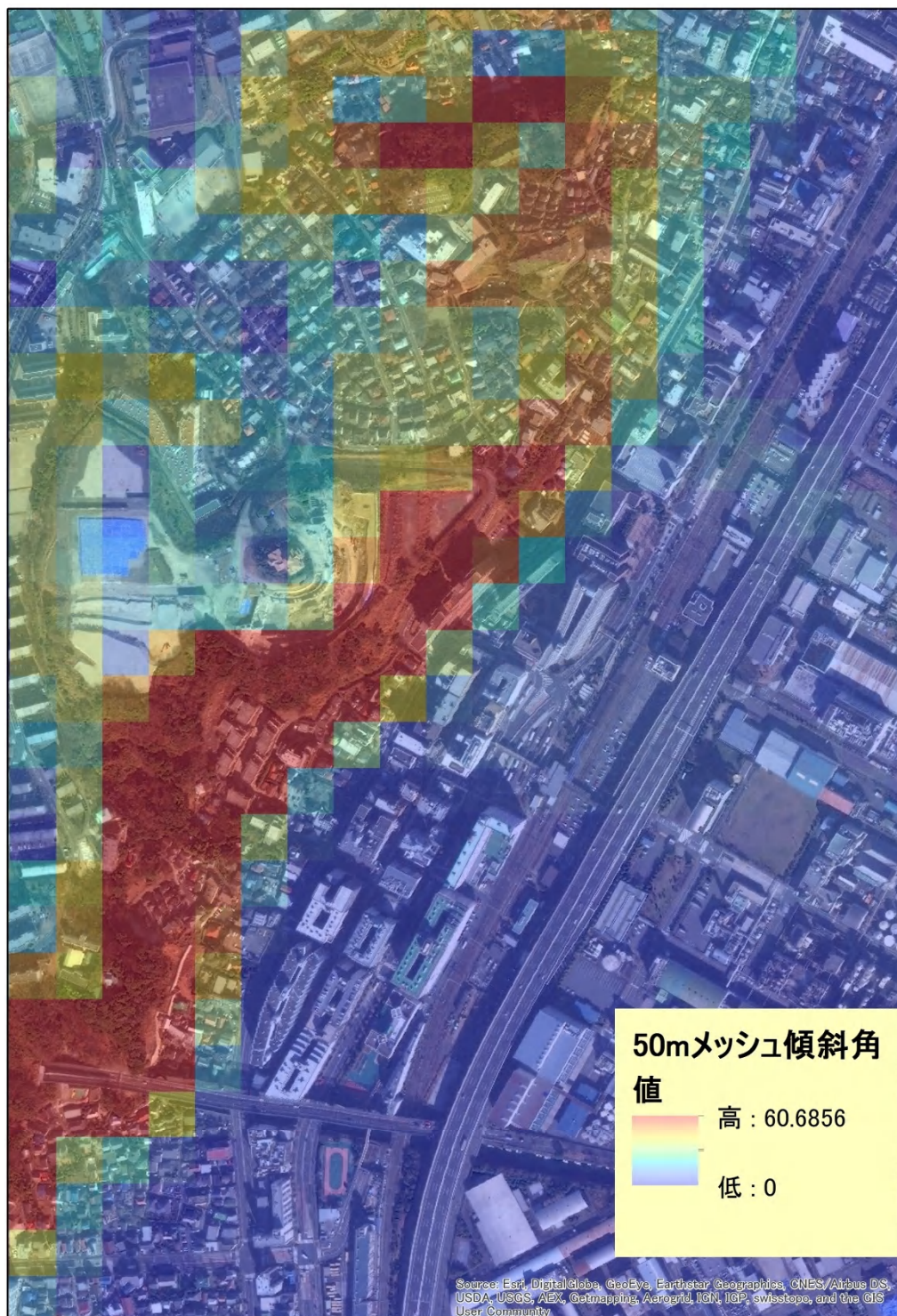


図 3 - 1 - 3 (b) 衛星写真と 50 m 傾斜角コンター図



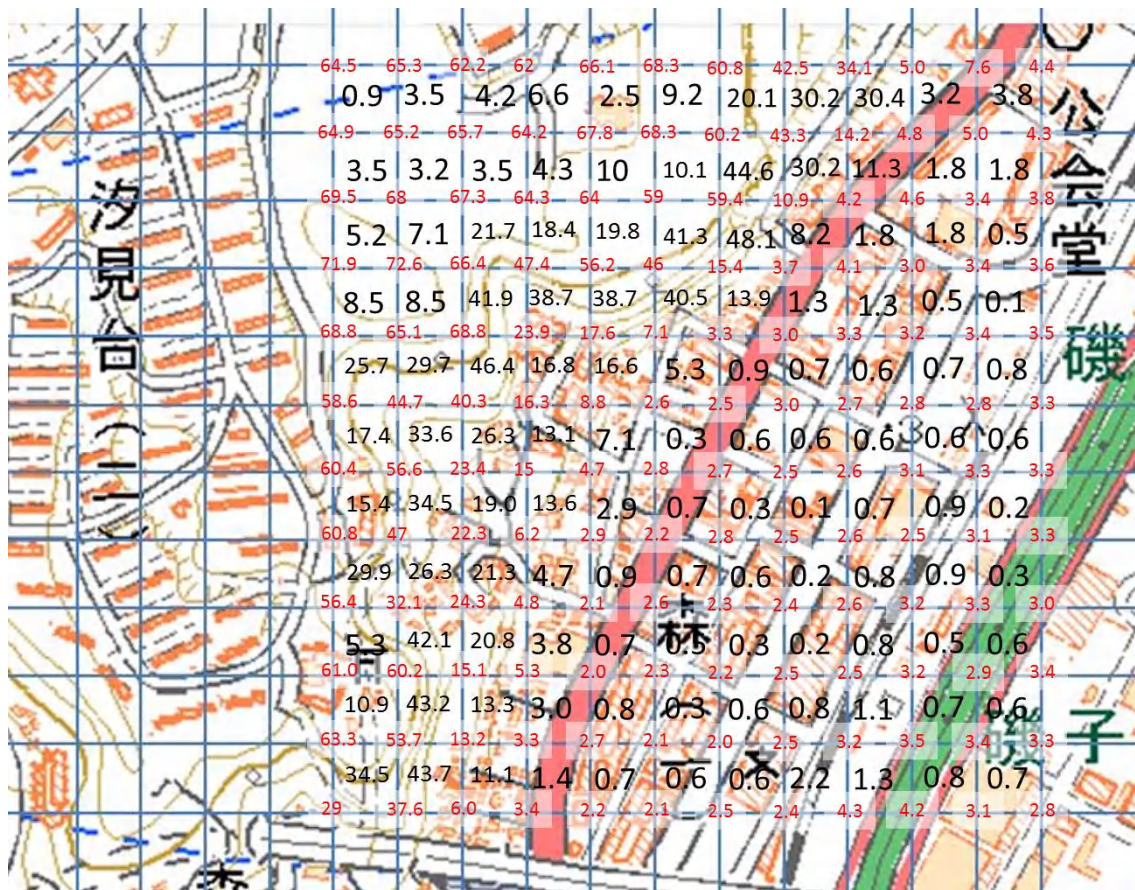


図 3 - 1 - 4 傾斜角の検証



### 3-1-2 12.5 m メッシュ傾斜角の実際の地形との対応確認

研究対象地の標高、傾斜角と土砂災害発生地点の関係を分析する上で、横浜市川崎市全域では範囲が広く分析が困難であったため、対象地を3-1-1の磯子区磯子駅前に加えて、内陸の住宅開発地として以下に詳細を挙げる2地点と併せて3地点を詳細地点とした。それぞれの区の位置は図3-1-1に示した通りである。

#### (1) 横浜市保土ケ谷区峰岡町付近

保土ケ谷区は横浜市の中央部に位置し、関東ローム層からなる多摩丘陵の南東の端にあたる。東西に5.8 km、南北に7.4 kmにわたる。関東平野にありながら起伏に富む地理特性があり、最高標高は今井町の海拔97.0 mである。

その中でも峰岡町は町全体が丘陵の急斜面を切り開いて開発された住宅街であり、標高自体はさほど高くないが、傾斜が大きい特徴があり、そのため町中で急な坂道が目立つ。神奈川県土砂災害警戒区域にも指定されている。

図3-1-5に地形図、図3-1-6に衛星写真と傾斜角コンター図を重ね合わせた画像を示す。

図3-1-6から、傾斜角の大きい地域に住宅地が密集していることが分かる。

#### (2) 川崎市麻生区百合ヶ丘・多摩区生田付近

麻生区は1987年に分区するまでは多摩区の1部であった。両区は隣接している。麻生区・多摩区は川崎市の最北端に位置し、両区の北側は多摩川を境として東京都に面し、南側には多摩丘陵が広がっている。麻生区・多摩区には多摩丘陵を切り開いて作られた住宅開発地が多く、川崎街道などの大通りが整備され、京王よみうりランドなどのテーマパークもあり、東京都心へのベッドタウンとして人気があり、人口の多い地域である。

図3-1-7に地形図、図3-1-8に衛星写真と傾斜角コンター図を重ね合わせた画像を示す。

図3-1-8から、地域が全体的に見て高い傾斜角を持ち、住宅地が満遍なく広がっていることが分かる。



図 3 - 1 - 5 保土ヶ谷区峰岡町付近の地形図

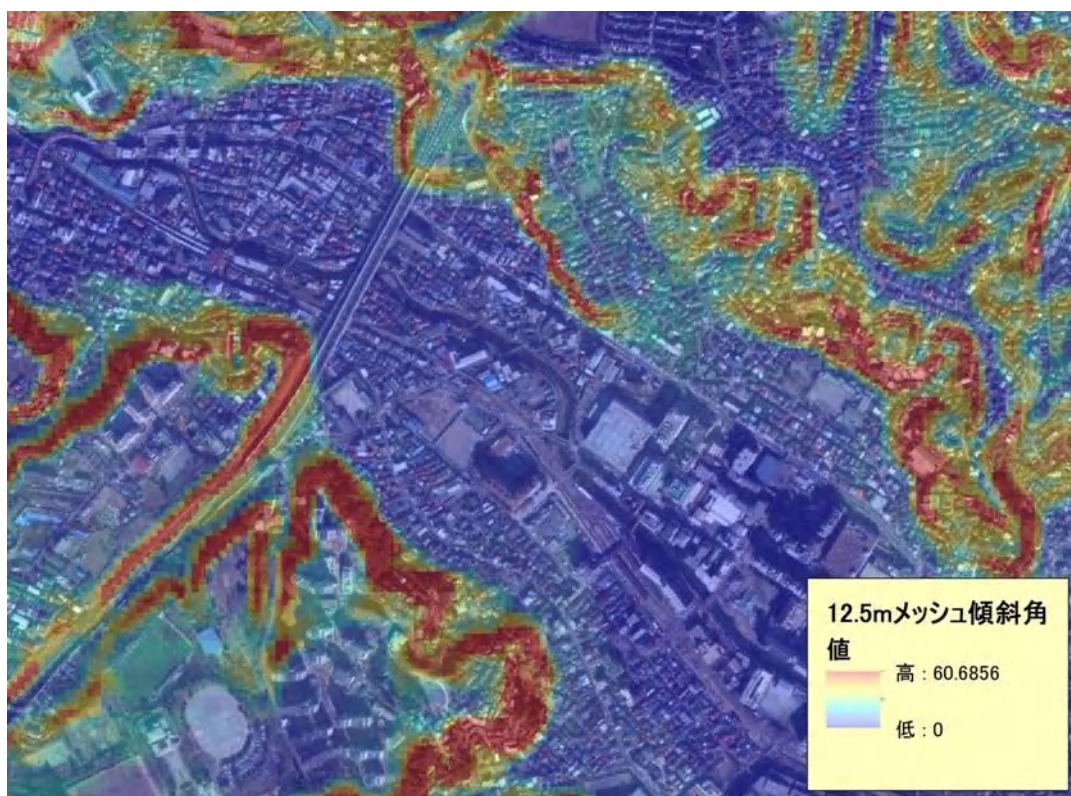


図 3 - 1 - 6 保土ヶ谷区峰岡町付近の衛星写真と 12.5 m メッシュ傾斜角コンター図



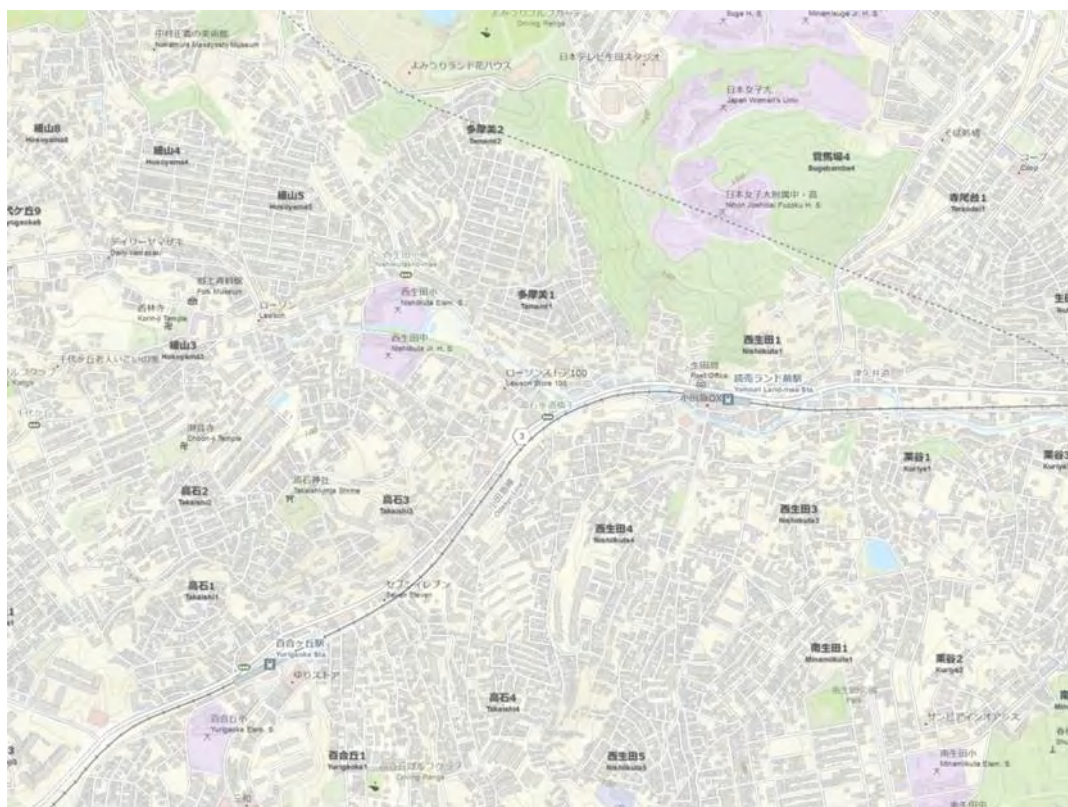


図 3－1－7 麻生区生田付近の地形図

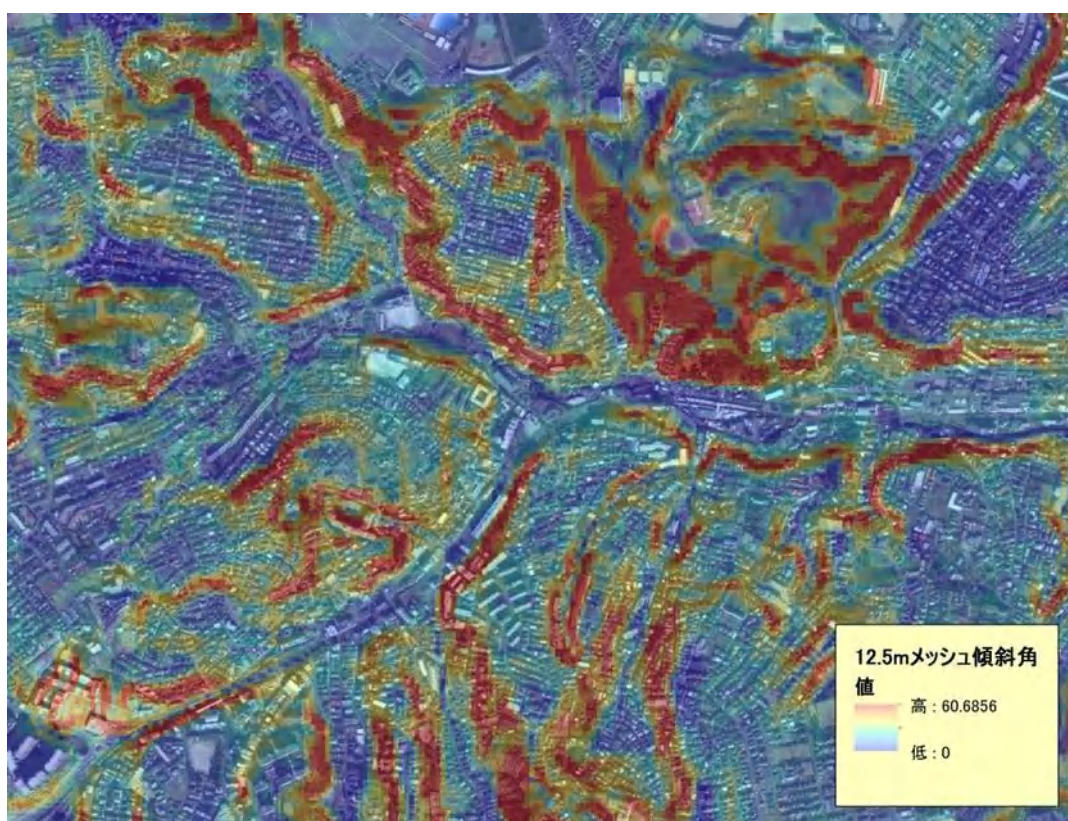


図 3－1－8 麻生区生田付近の衛星写真と 12.5 m メッシュ傾斜角コンター図

### 3-1-3 標高・傾斜角・災害発生地点の対応関係

初めに、図3-1-9に研究対象地全域のDEM標高コンター図と災害発生地点を示す。

横浜市・川崎市全域において、主な標高は海岸・河川付近では0～10 m、丘陵部では30～90 mであった。領域北部は多摩川であり、多摩川を境に東京都と接している。中央は多摩丘陵の尾根が走り、北部と南部で標高が高くなっている。災害発生地点は標高が急激に変化しているところに集中していることが分かる。

次に、図3-1-10に研究対象地全域の傾斜角コンター図と災害発生地点を示す。傾斜角は0～60度で分布しており、災害発生地点は5～10度の範囲に集中していた。

#### (1) 磯子区における災害発生地点

図3-1-11、図3-1-12にそれぞれ磯子区のDEM標高コンター図、傾斜角コンター図と災害発生地点を示す。

磯子区は沿岸部と内陸部で極端に標高が変化しており、その変化点に災害発生地点が集中していることが分かる。

#### (2) 保土ケ谷区における災害発生地点

図3-1-13、図3-1-14にそれぞれ保土ケ谷区のDEM標高コンター図、傾斜角コンター図と災害発生地点を示す。

保土ケ谷区は中央部の標高が低い地域に国道16号が整備されており、その周辺は丘陵地となっており、傾斜角が大きい傾向がある。災害発生地点も傾斜角の大きい箇所に集中している傾向がある。

#### (3) 麻生区・多摩区における災害発生地点

図3-1-15、図3-1-16にそれぞれ麻生区・多摩区のDEM標高コンター図、傾斜角コンター図と災害発生地点を示す。

麻生区・多摩区は北部に多摩川が流れ、標高が低く、内陸は多摩丘陵となっており急激に標高が変化する。そのため区全体的に傾斜角が大きい傾向にあり、災害発生地点も傾斜角の大きい地域に集中している。

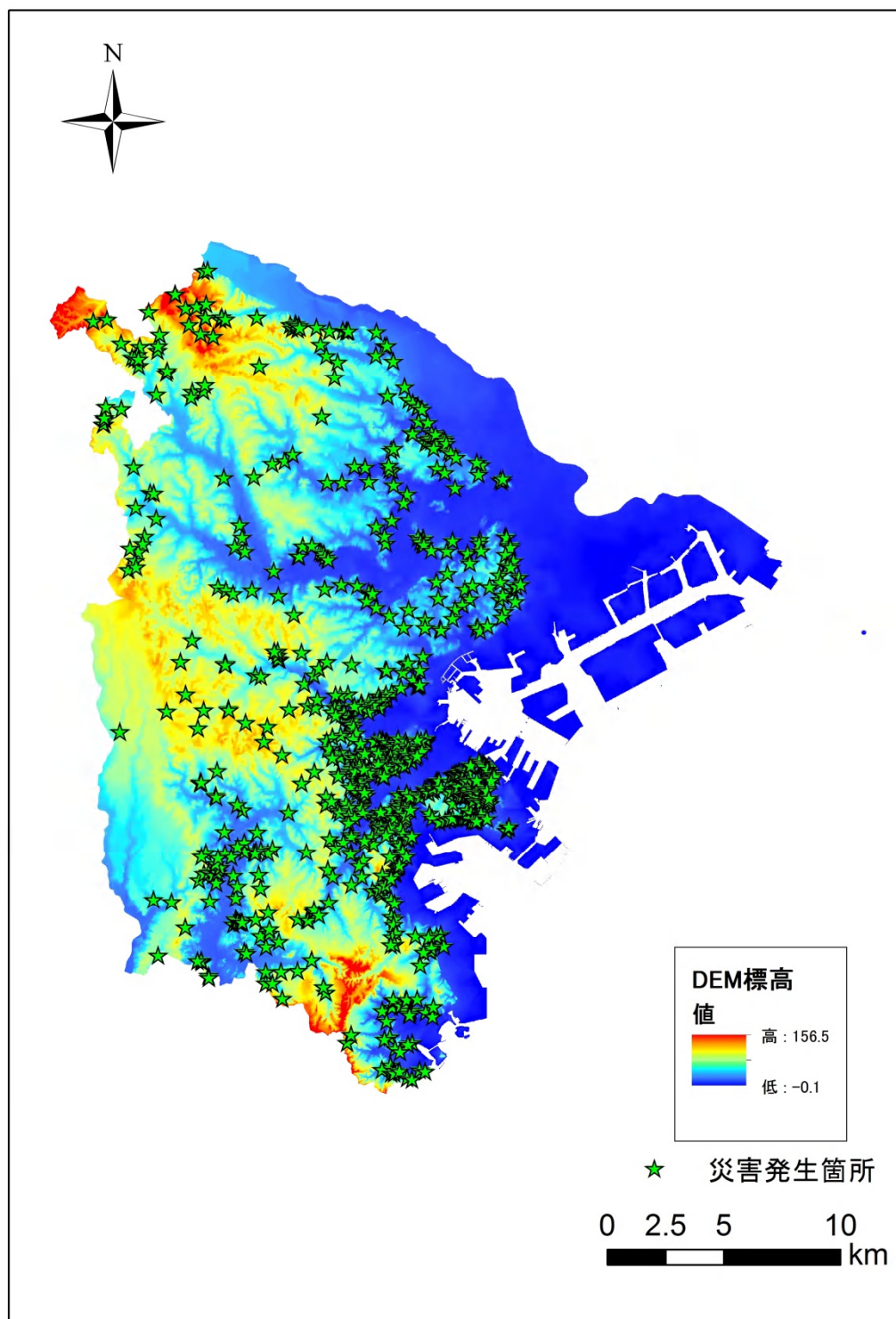


図 3 - 1 - 9 研究対象地全域での DEM 標高と災害発生箇所



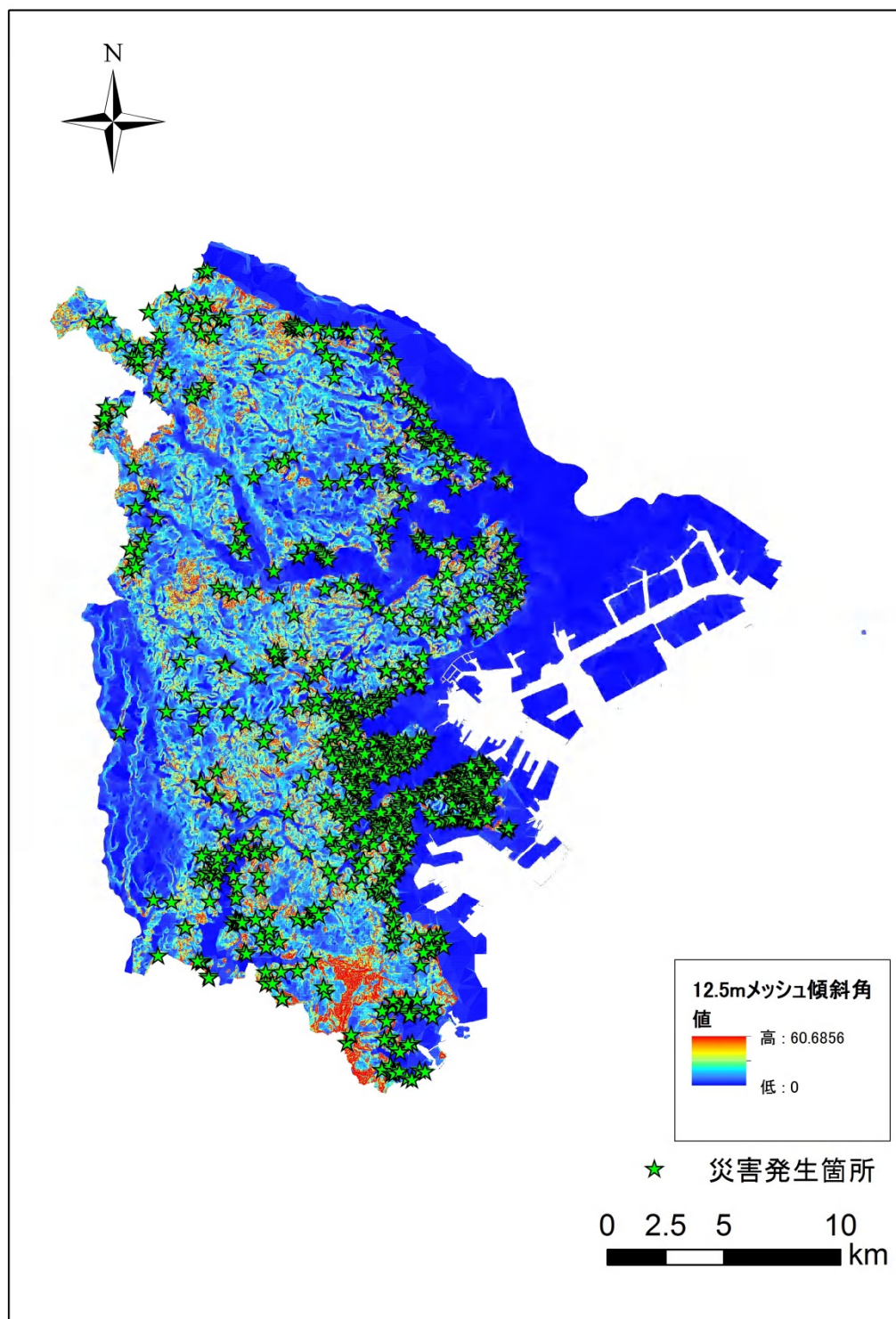


図 3 - 1 - 1 0 研究対象地全域の 12.5 m メッシュ傾斜角と災害発生地点

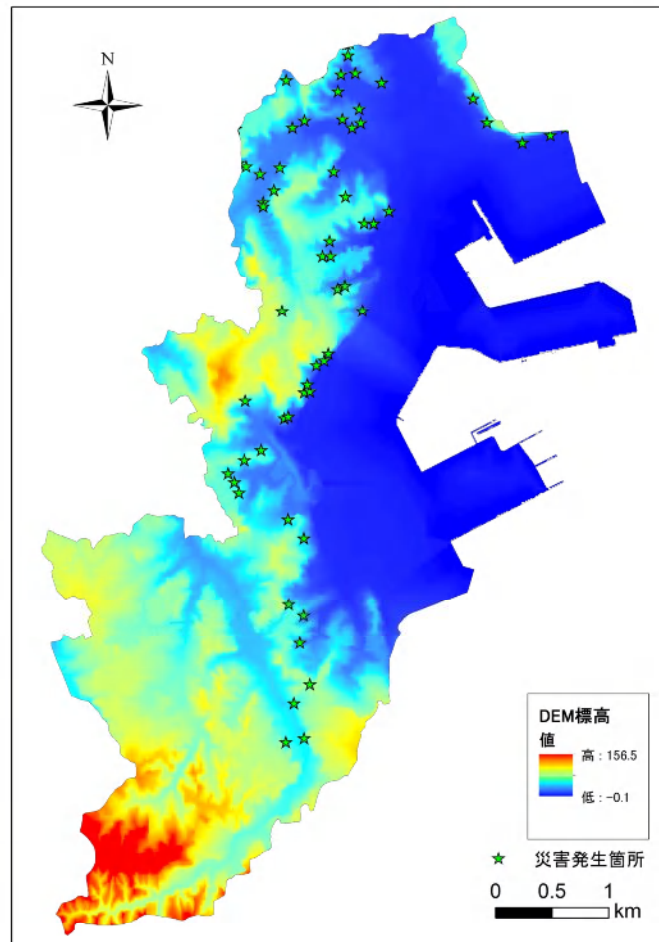


図 3－1－1 1 磯子区の DEM 標高と災害発生箇所

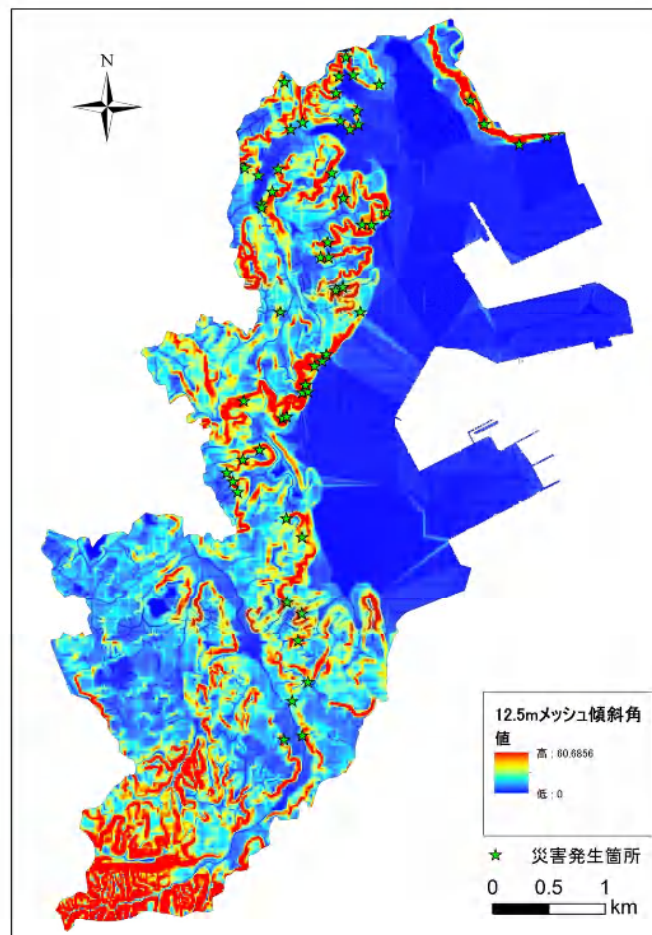


図 3-1-12 磯子区の 12.5 m メッシュ傾斜角と災害発生箇所



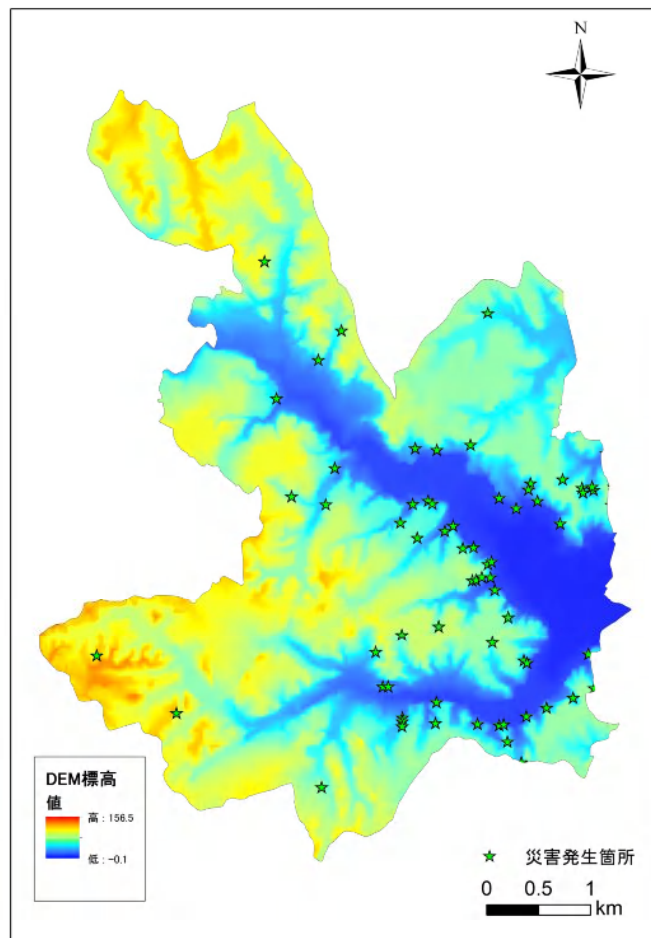


図 3－1－13 保土ヶ谷区の DEM 標高と災害発生箇所

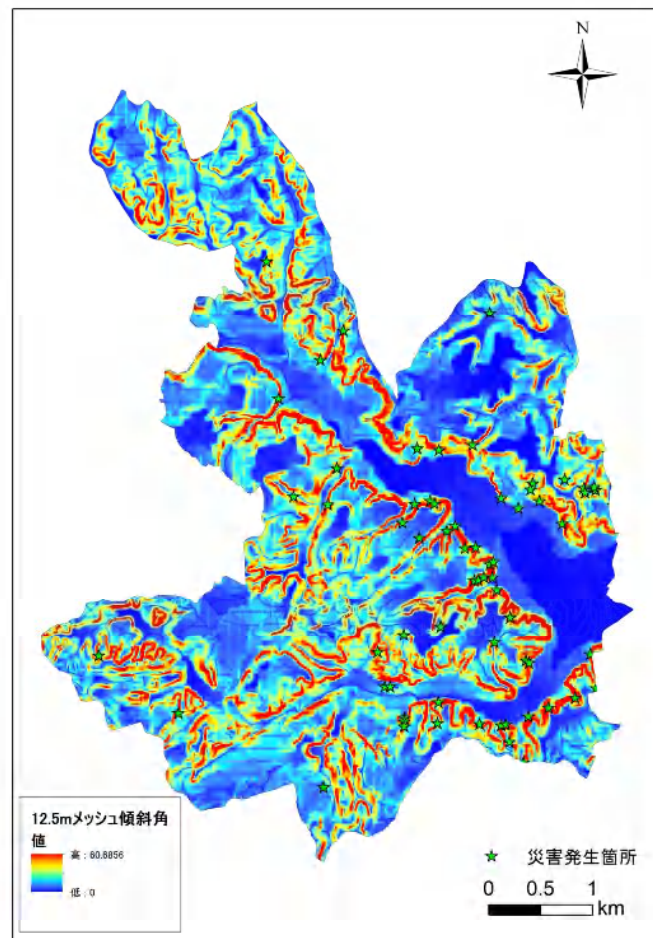


図 3-1-14 保土ヶ谷区の 12.5 m メッシュ傾斜角と災害発生箇所

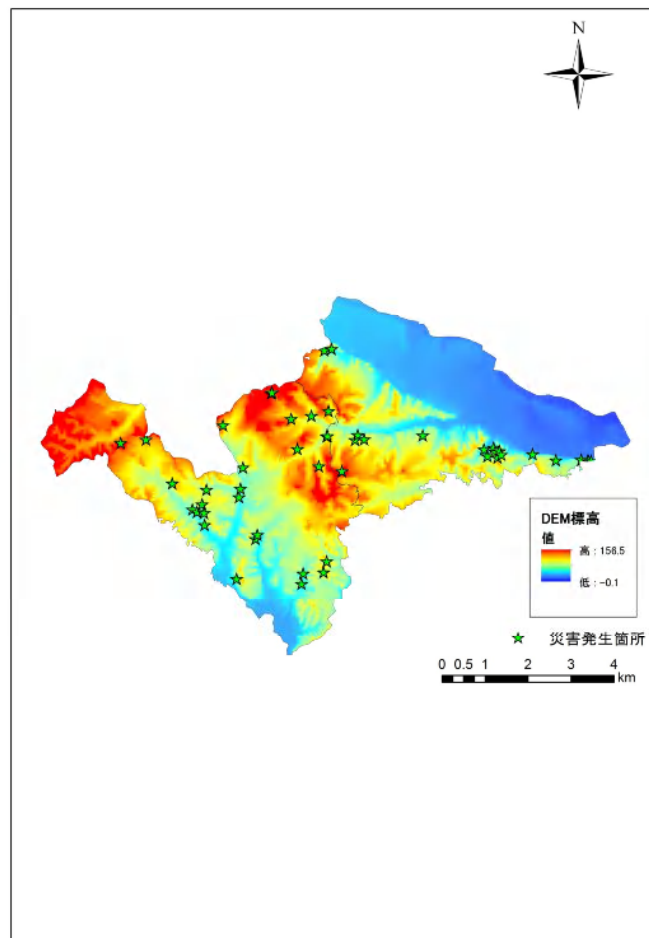


図 3－1－15 麻生区・多摩区の DEM 標高と災害発生箇所

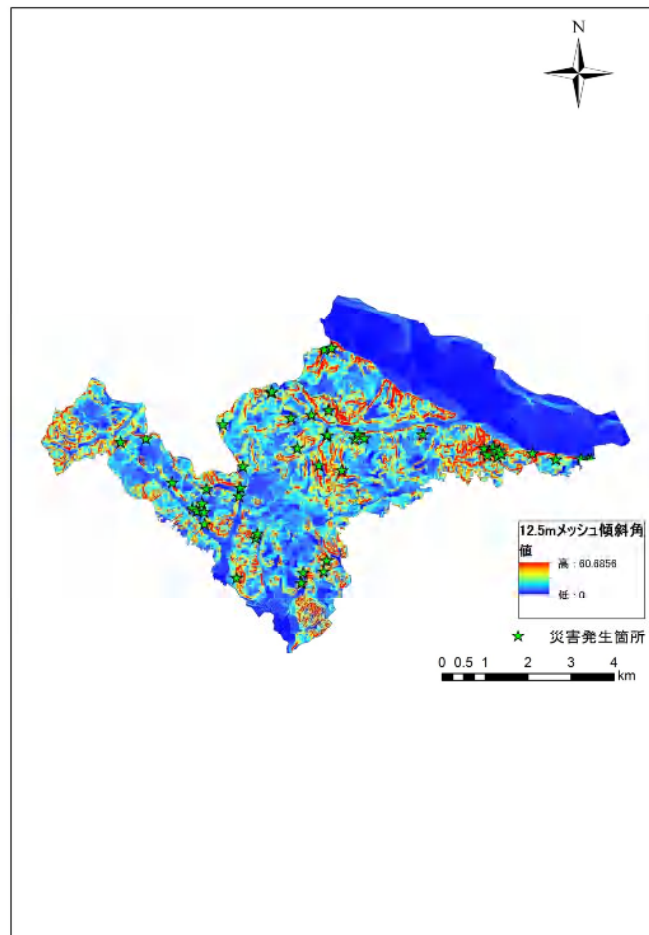


図 3-1-16 麻生区・多摩区の 12.5 m メッシュ傾斜角と災害発生箇所

#### 3-1-4 土地利用の経年変化と災害発生地点

図3-1-17から図3-1-21に1976年、1987年、1991年、1997年、2006年における、研究対象地全域の10mメッシュ土地利用植生図を示した。また、前節と同様に、図中に災害発生地点を星印で示した。

年度によって植生内容が多少異なっているが、年を追うごとに朱色に色分けした建物用地の面積が増加していた。

また、災害発生地点については、発生年は不明であるため、すべての図について同じ箇所にプロットされている。

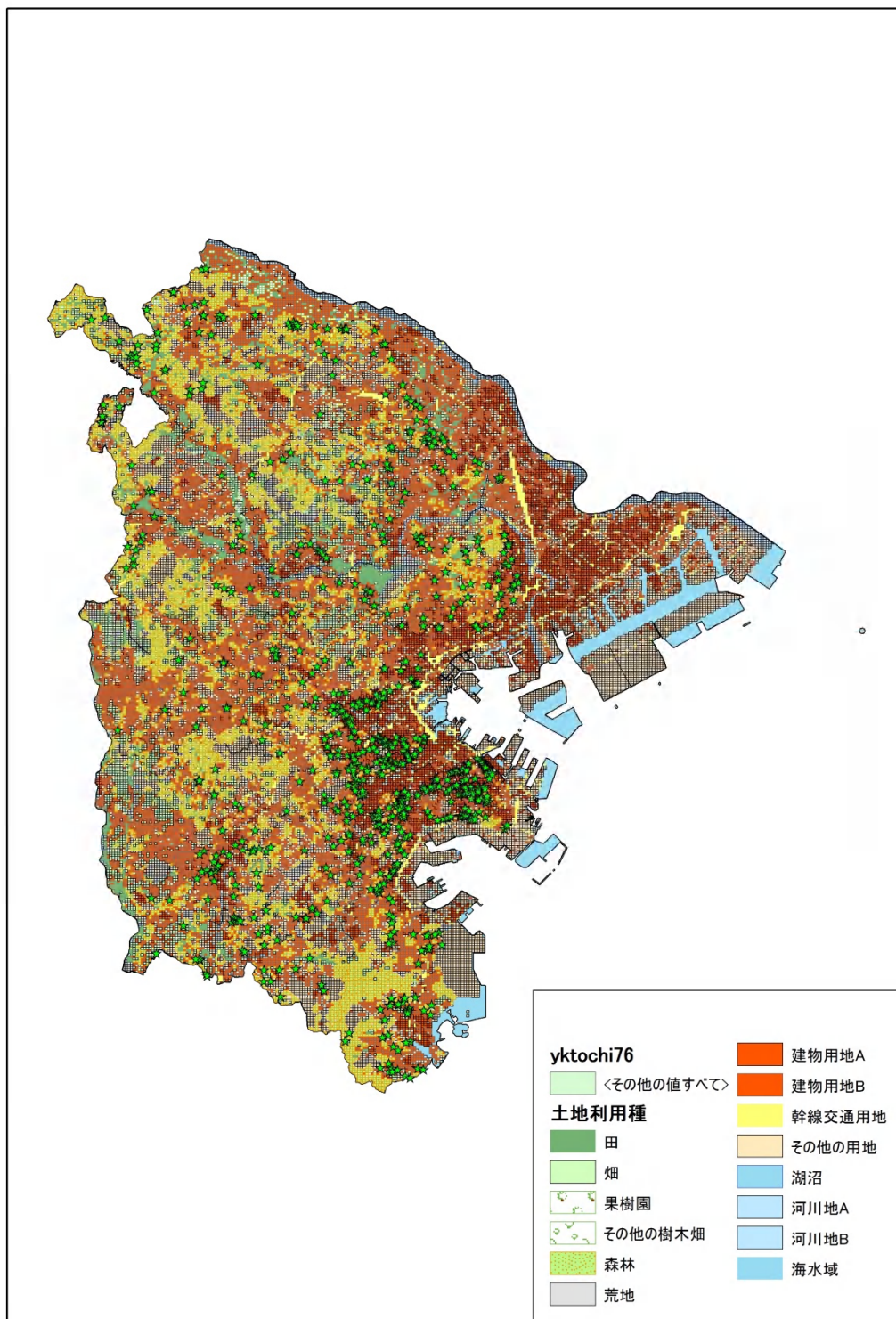


図 3 - 1 - 1 7 土地利用植生図（1976 年）  
（星印は災害発生地点を示す）

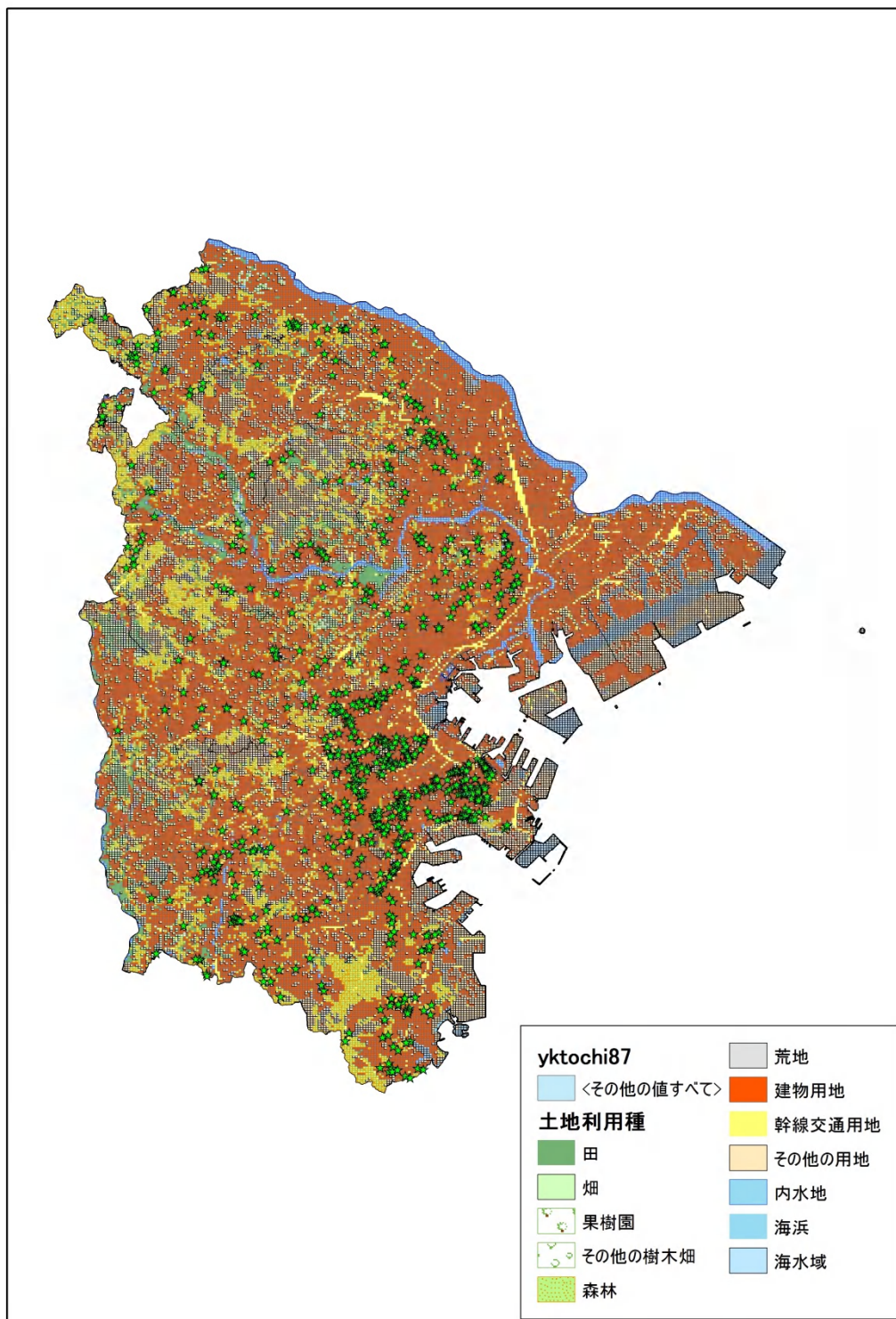


図 3 - 1 - 1 8 土地利用植生図（1987 年）  
（星印は災害発生地点を示す）



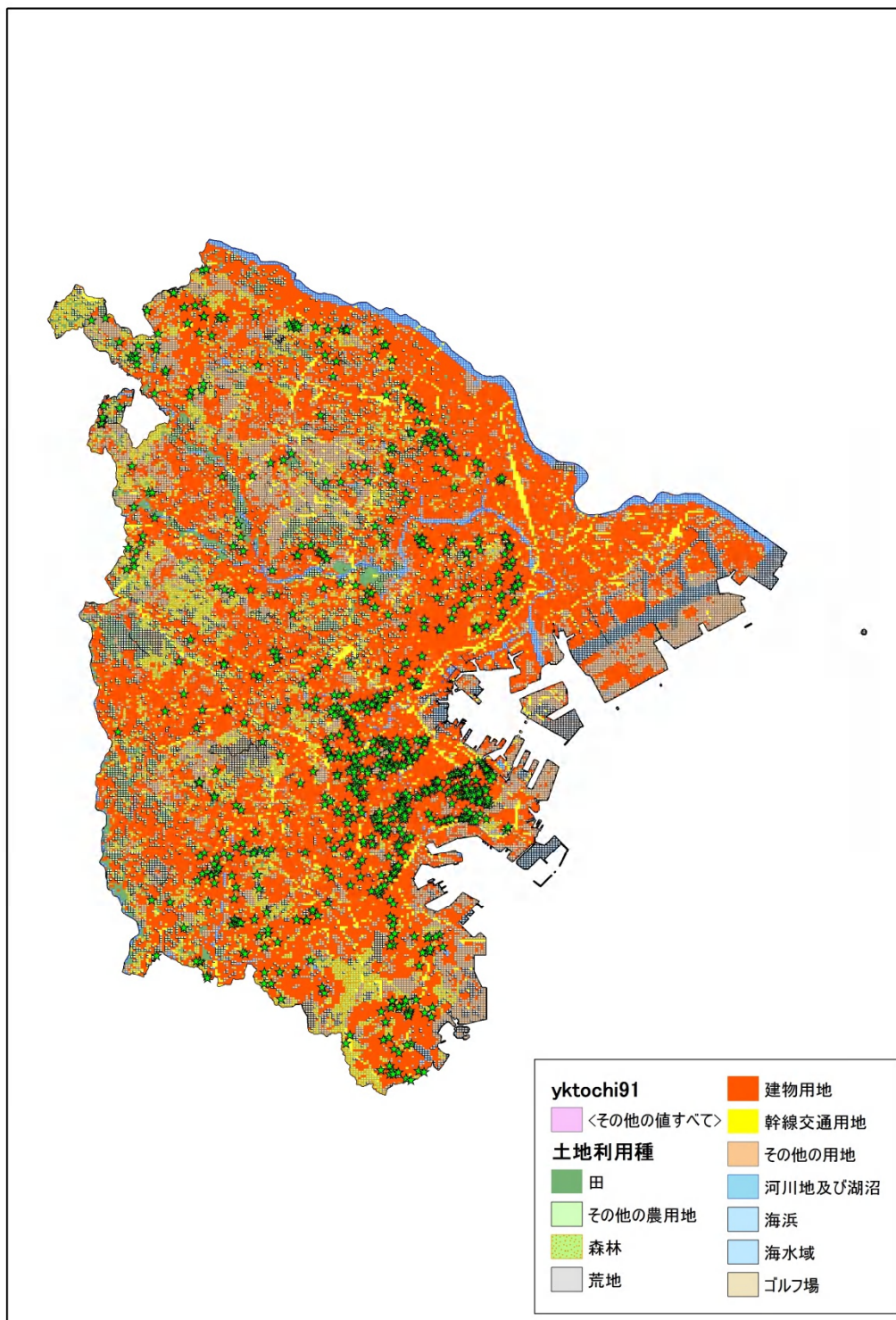


図 3 - 1 - 1 9 土地利用植生図（1991 年）  
（星印は災害発生地点を示す）



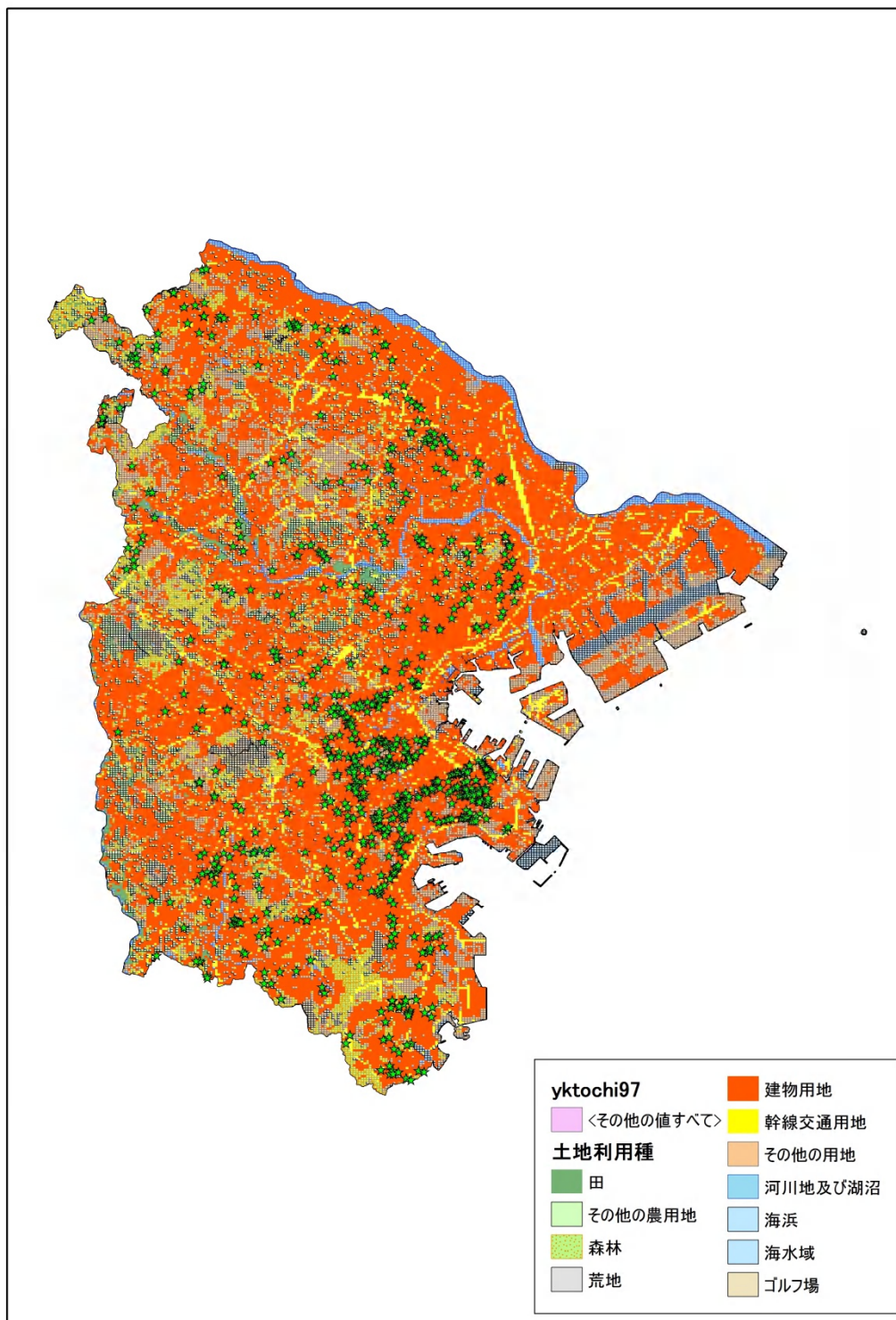


図 3 - 1 - 2 0 土地利用植生図（1997 年）  
（星印は災害発生地点を示す）

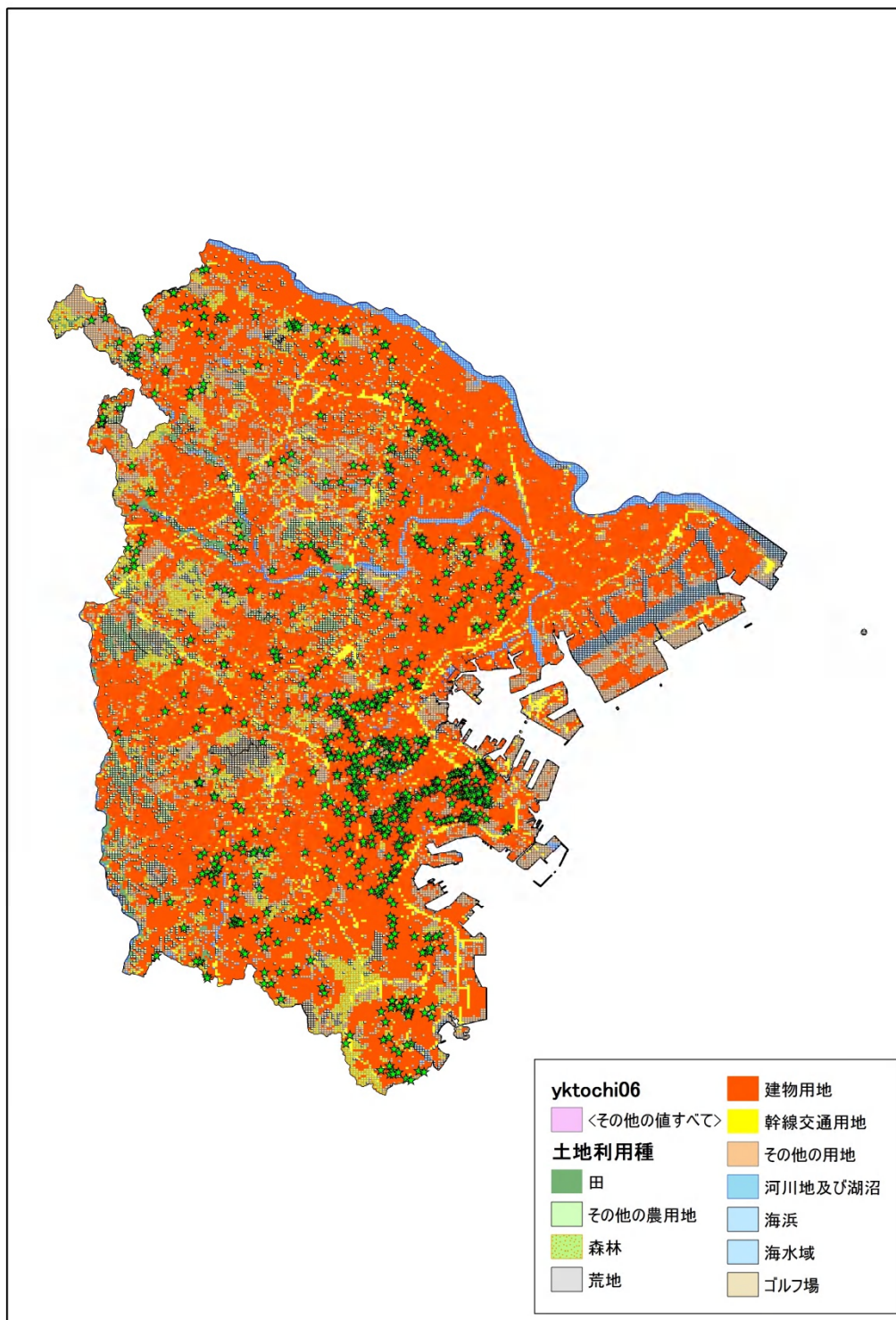


図 3 - 1 - 2 1 土地利用植生図（2006 年）  
（星印は災害発生地点を示す）

## 3-2 統計的分析の結果

### 3-2-1 土地利用データの整理

2-2-5に記述したように、国土交通省によりポリゴンメッシュタイプで整備されている土地利用細分メッシュデータは、一度ポイントデータに変換してから解析を行った。

一方、細密数値情報は、2-3-5で記述したように、元々テキスト形式であったデータをポイントデータに処理したため、そのまま解析を行った。

解析にあたり、各データのポイント数の整理を行った。

ポイントはメッシュサイズに対応しており、つまりポイント数にメッシュ面積を乗じることにより、対応している領域の面積を算出することができる。

そこで、データの領域面積を計算し、研究対象領域の面積と比較することにより、解析データの有効性を確認した。

研究対象領域である横浜市と川崎市について、面積はそれぞれ  $437.49 \text{ km}^2$ 、 $143.00 \text{ km}^2$  であり、両市合わせて  $580.49 \text{ km}^2$  である（国土地理院 HP，2014）。

表3-1に計算結果をまとめた。

細密数値情報の領域面積は実際の面積より  $6 \text{ km}^2$  ほど大きく、一方で土地利用細分メッシュデータの領域面積は実際の面積よりも  $20 \text{ km}^2$  ほど少ない結果となった。

その原因として、細密数値情報は  $10 \text{ m}$  刻みでポイントが存在し、神奈川県全域のポイントについて、研究対象領域に空間的に重なる部分だけを抽出した。そのため、領域の隅に対応するポイントに対してメッシュを仮定すると、領域をはみ出してしまうメッシュ部分があることが考えられる。つまり、面積の誤差ははみ出た部分の領域面積だと考えられる。

一方、土地利用細分メッシュデータは、元々ポリゴンメッシュタイプのデータをポイントに変換し、研究領域に空間的に重なるポイントを抽出した。ポイントに変換する際、ポイントはポリゴンの中心地点に作成される。つまり、研究領域の隅をカバーしていたポリゴンについて、中心地点が領域外に存在しているため、ポイント抽出時に除外されてしまったケースが考えられる。

表3-1 各データのポイント数と対象となっている領域面積

データ種別	①ポイント数 (個)	②メッシュ (m)	③ポイント1つ あたり面積 ( $\text{m}^2$ )	領域面積 ( $\text{km}^2$ ) (①×③)
細密数値情報	5 866 229	10	100	586.6229
土地利用細分 メッシュデータ	56 020	100	10 000	560.20

### 3-2-2 土地利用データ（10 m, 100 m メッシュ）の処理時間

土地利用細分メッシュデータ（100 m メッシュ）と細密数値情報（10 m メッシュ）を用いて同じ解析作業を行ったところ、明らかに細密数値情報の解析作業に時間がかかった。

そこで、それぞれのデータを使った解析作業にかかる時間を実際に計測した。作業内容は、ポイントと空間的に重なっている DEM 標高データと傾斜角データのセル値を抽出し、抽出したセル値をポイントの属性情報に追加する作業である。

それぞれの作業には同一の PC を使用し、作業中は ArcGIS 以外のソフトウェアも含め、他の処理を一切行わない状況で作業時間を計測した。

すると、土地利用細分メッシュデータを用いた作業時間は 30 分であった。一方、細密数値情報を用いた作業時間は、約 52 時間（約 3 000 分）であった。

つまり、処理時間に約 100 倍の差が生じていることが判明した。

これは、前項の表 3-1 に示したように、細密数値情報は、土地利用細分メッシュデータと比べてメッシュサイズが 10 倍、すなわちポイント数が 100 倍であるためである。

そこで本研究では、細密数値情報は処理に時間が膨大にかかるため、第 1 時期（1974 年）と第 5 時期（1994 年）の 2 カ年みのデータを 10 m メッシュデータとして解析に用いた。また、100 m メッシュデータとして、土地利用細分メッシュデータの 1976 年、1987 年、1991 年、1997 年、2006 年の 5 カ年分のデータを解析に用いた。

つまり、土地利用データとして、1974 年、1976 年、1987 年、1991 年、1994 年、1997 年、2006 年の 7 カ年分のデータを扱う。

### 3-2-3 傾斜角と土地利用の関係

各年の土地利用について、12.5 m メッシュ傾斜角と重ね合わせて行った空間解析データから属性情報を抜き出し、傾斜角ごとの土地利用実態について整理した。

各年の土地利用植生について、傾斜角が0～30度までのデータについては5度刻み6値域に分け、30度～40度、40度以降の合計8つの値域に分割して統計をとった。

図3-2-1から図3-2-3に、研究対象地全域における土地利用面積の経年変化を傾斜角度別に示した。また、図3-2-4から図3-2-6に、同様にして土地利用面積の経年変化を割合で示した。割合は、それぞれの傾斜角別の総面積に対する、各種別の占める面積の割合を計算した。

その結果、1974年から2006年にかけて、標高や傾斜角によらず建物用地の面積が増加しており、その一方で森林の面積が減少していることがわかった。

割合で整理するとその傾向は明確であり、特に傾斜角0～5、5～10度のそれぞれの範囲では、1974年から2006年にかけて、建物用地の占める割合が30～40%から60%に増加した一方で、森林・田の割合が20%前後からわずか9%にまで減少していた。

その他の角度域についても一様に、1976年から2006年にかけて森林や農用地が減少し、建物用地が増加している傾向が見られた。

ここで、図3-2-1に関して、1974年と1994年では、建物用地面積の経年変化としてはわずかながら減少しているようにみえるが、これは土地利用細分メッシュデータと細密数値情報における土地利用区分定義の違いから発生してしまう差であると考えられ、大まかな増加傾向に影響はないと判断した。



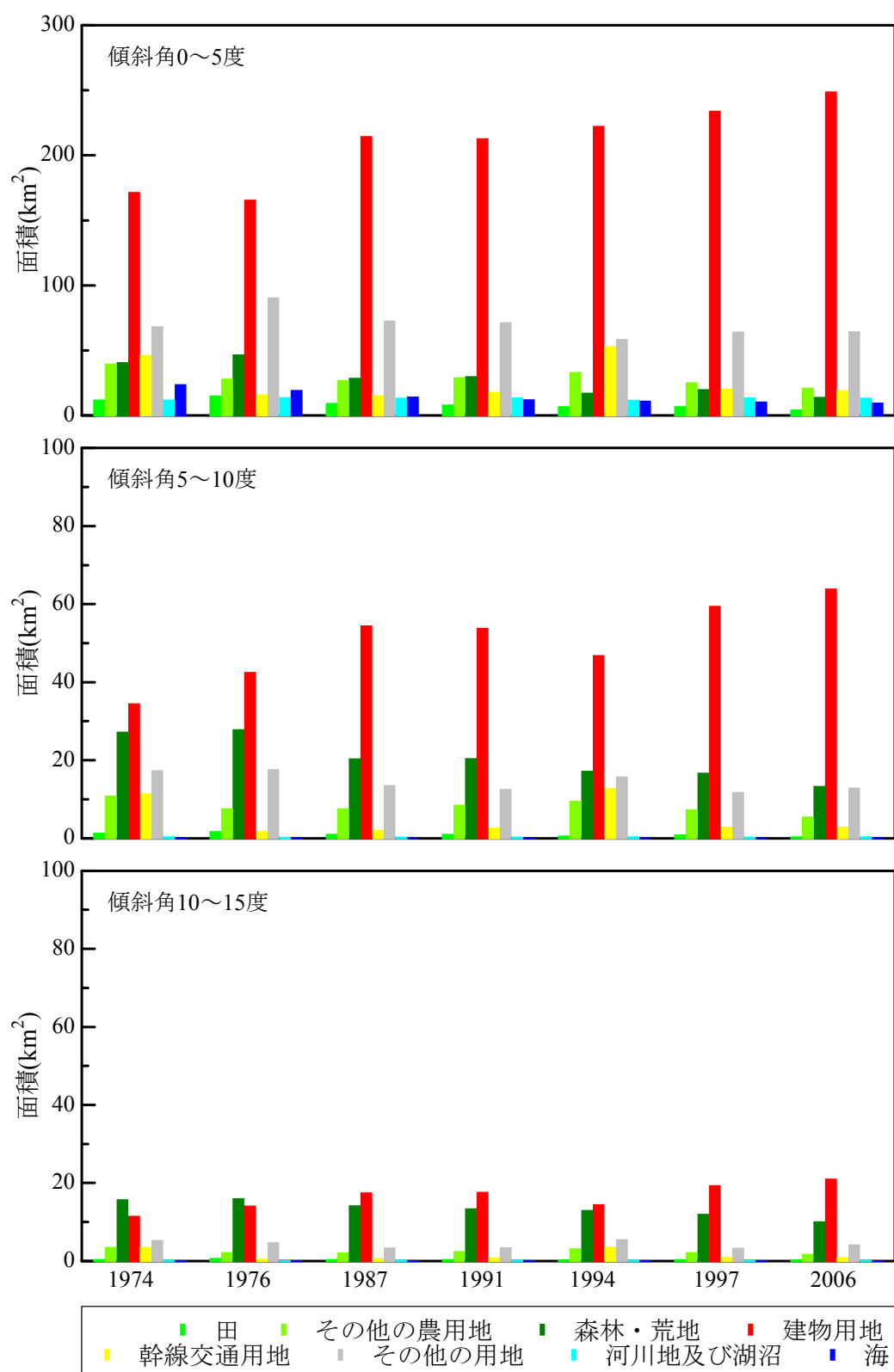


図3-2-1 土地利用面積の経年変化  
(上：傾斜角 0～5 度，中：傾斜角 5～10 度，下：傾斜角 10～15 度)

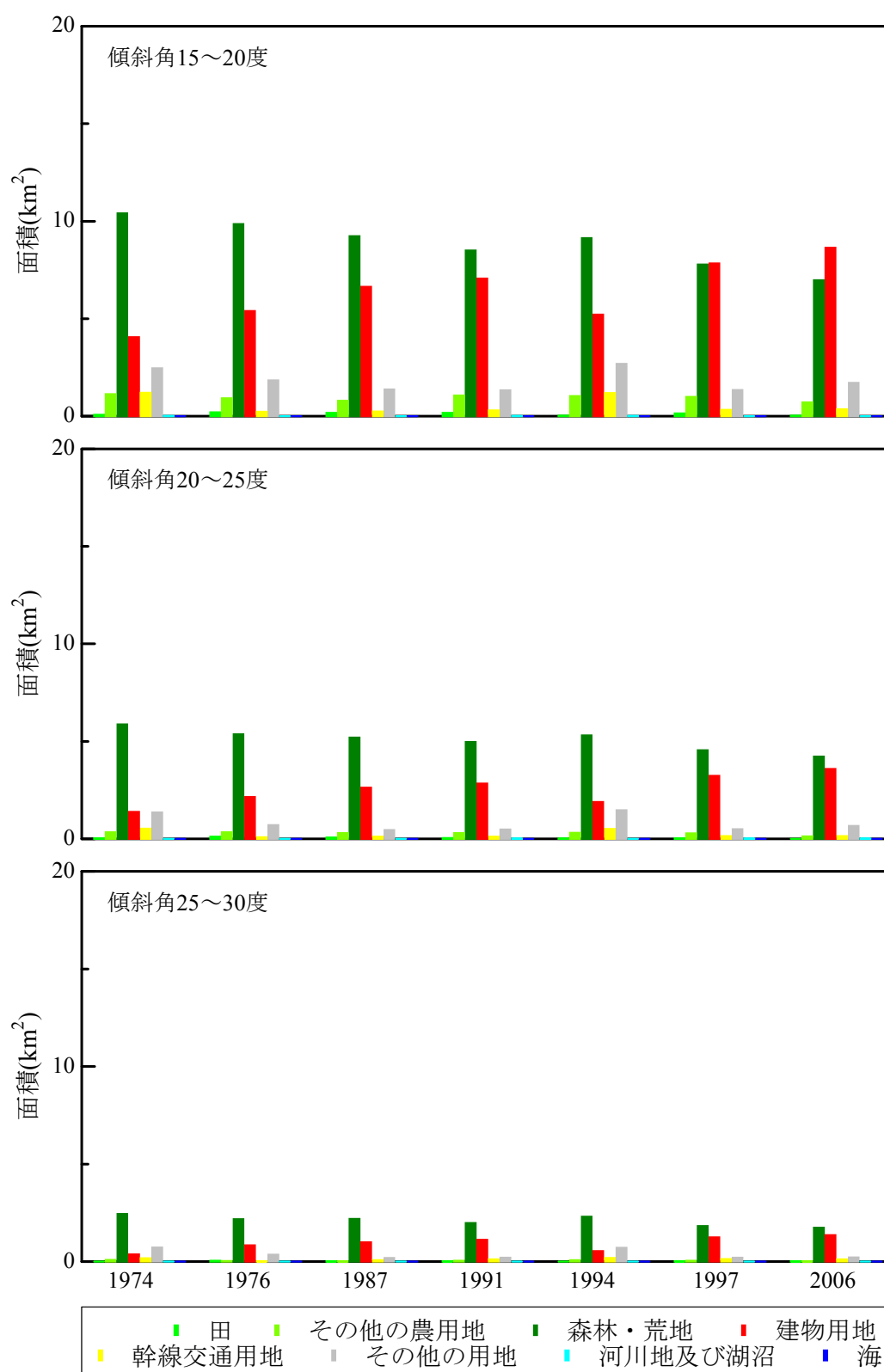


図3-2-2 土地利用面積の経年変化  
 (上：傾斜角 15~20 度，中：傾斜角 20~25 度，下：傾斜角 25~30 度)

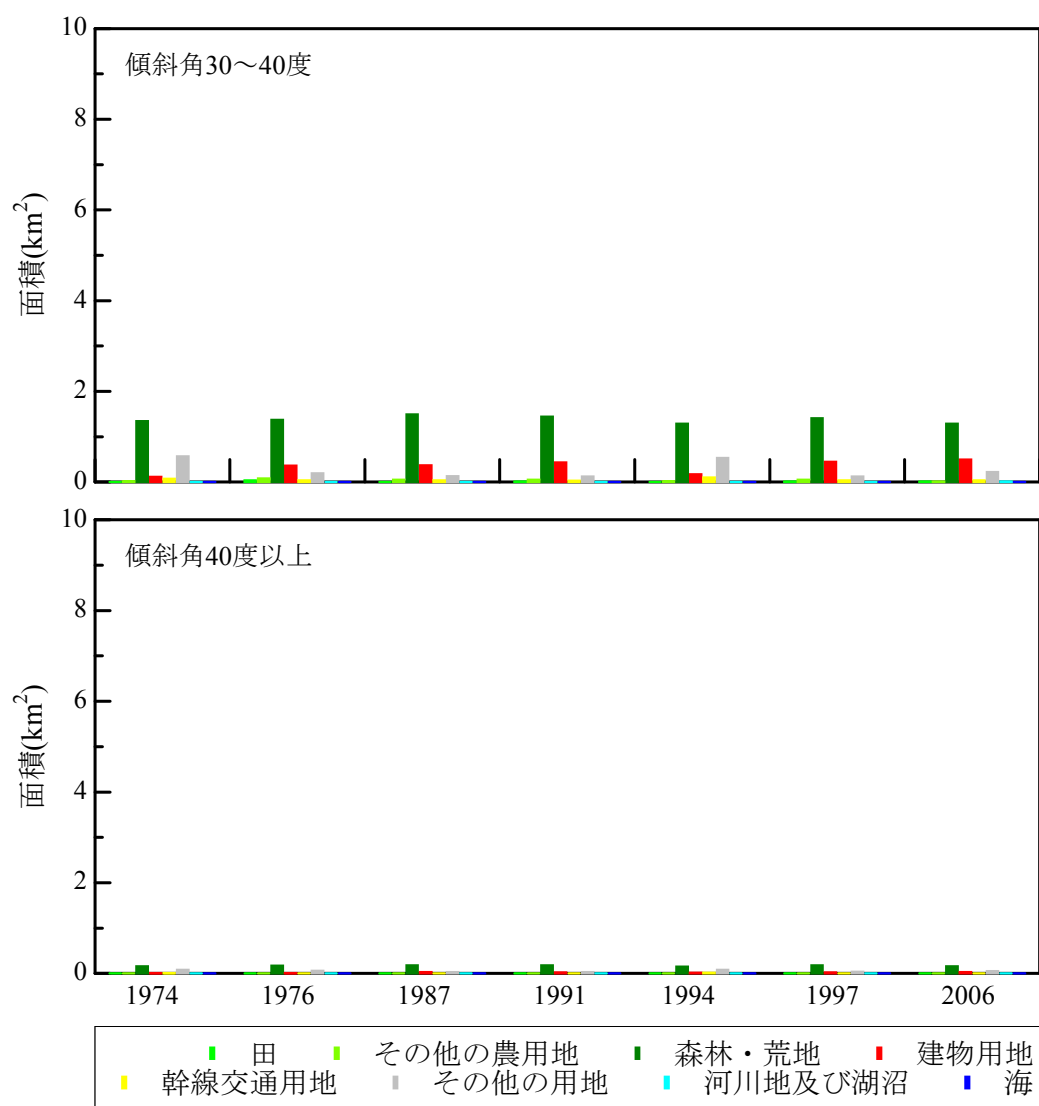


図3-2-3 土地利用面積の経年変化  
(上：傾斜角 30～40 度，下：傾斜角 40～60 度)

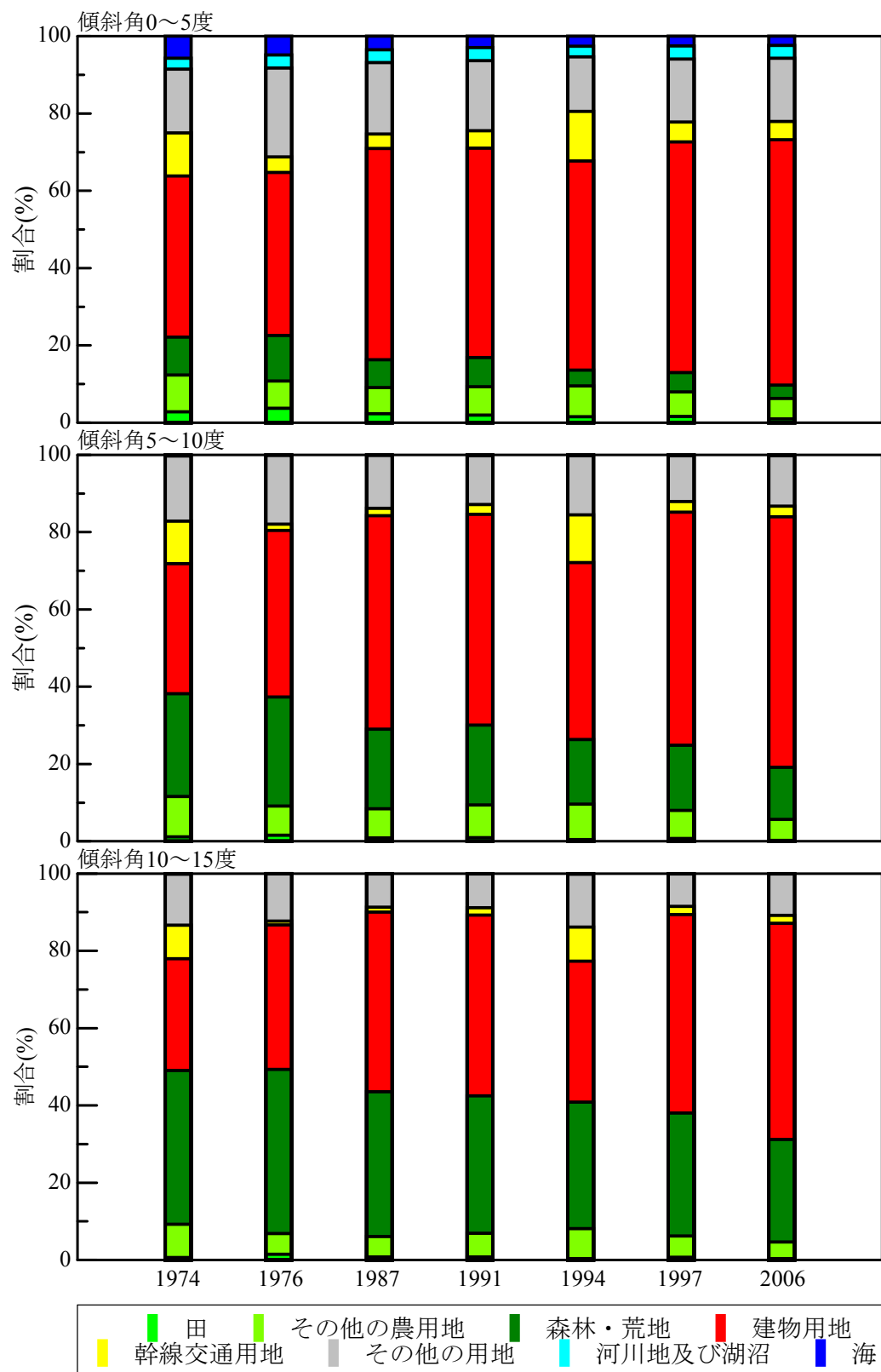


図3-2-4 土地利用面積割合の経年変化

(上：傾斜角0～5度，中：傾斜角5～10度，下：傾斜角10～15度)

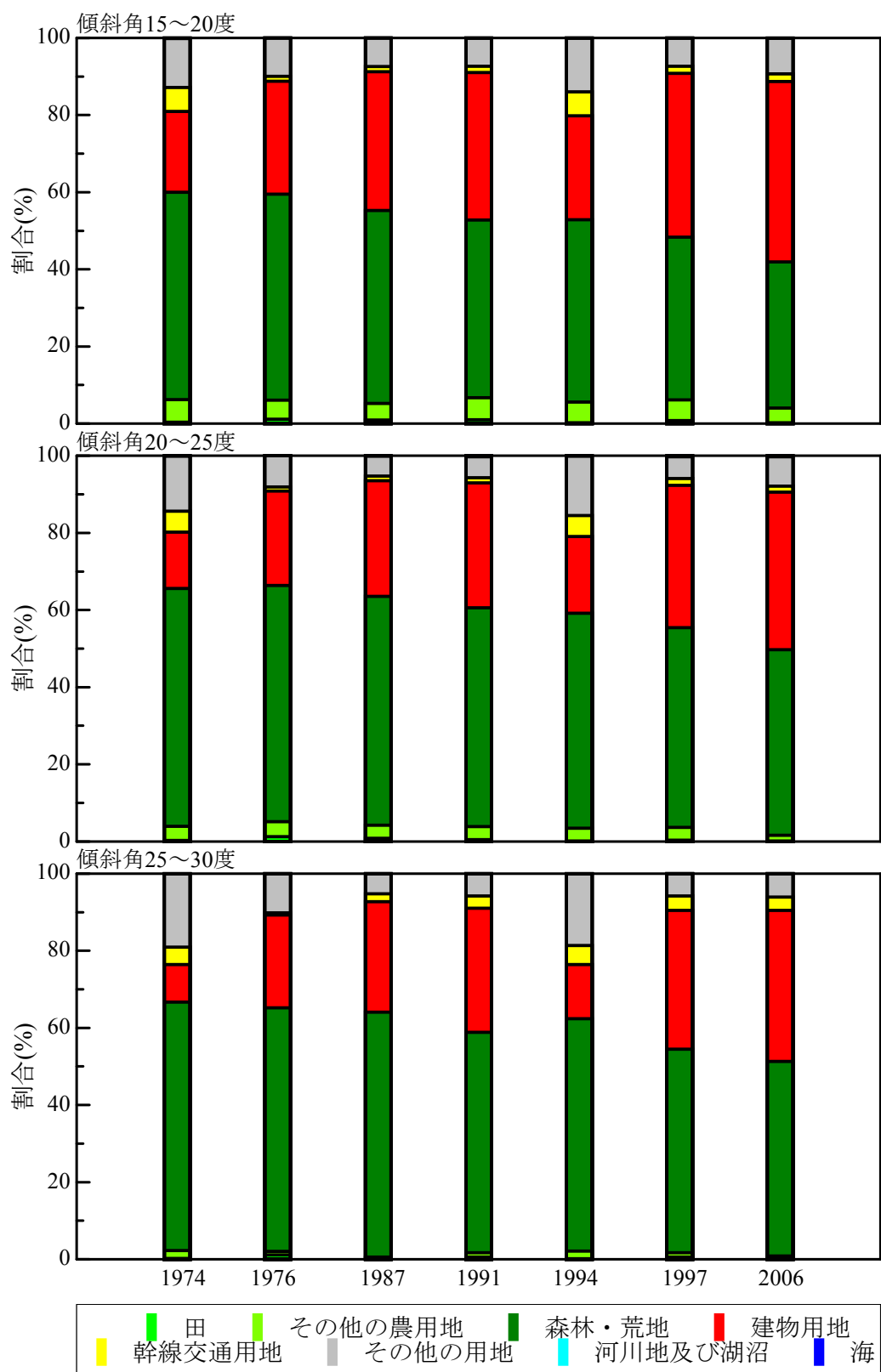


図3-2-5 土地利用面積割合の経年変化

(上：傾斜角 15～20 度，中：傾斜角 20～25 度，下：傾斜角 25～30 度)



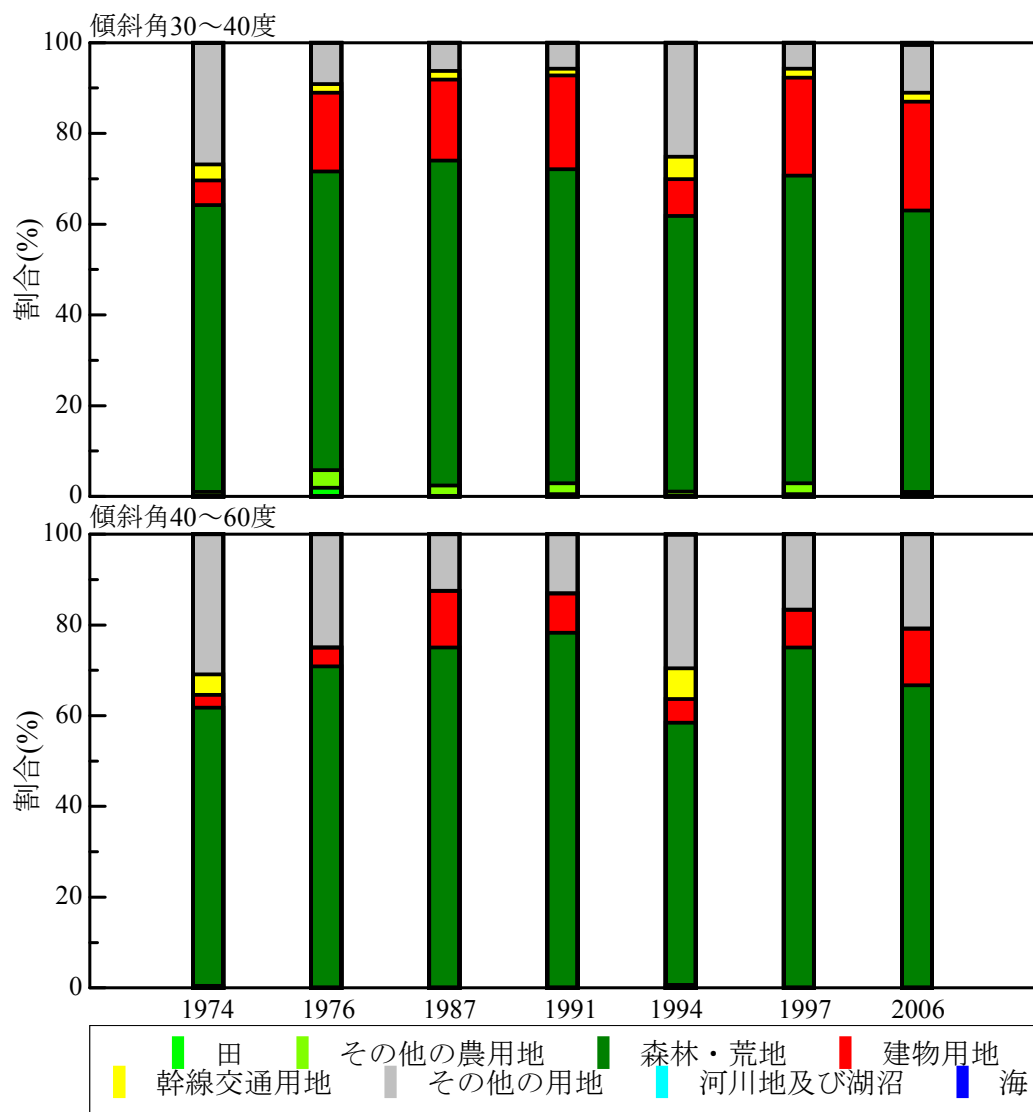


図3-2-6 土地利用面積割合の経年変化  
 (上：傾斜角 30～40 度，下：傾斜角 40～60 度)

### 3-2-4 傾斜角と土砂災害件数、土地利用

図3-2-7に、災害件数の土地利用種別ごとの積み上げ棒グラフを示す。横軸は傾斜角を、縦軸は災害件数を示している。

土砂災害発生件数は傾斜角0～20度の範囲に集中しており、特に5～10度での件数が多かった。また、すべての傾斜角において、災害発生箇所の土地利用種別は建物用地が最多であり、割合で見ると、各傾斜角において、総数の80%以上であった。

このように、平坦地（傾斜角0～10度）でも比較的多くの災害が発生していることが分かった。

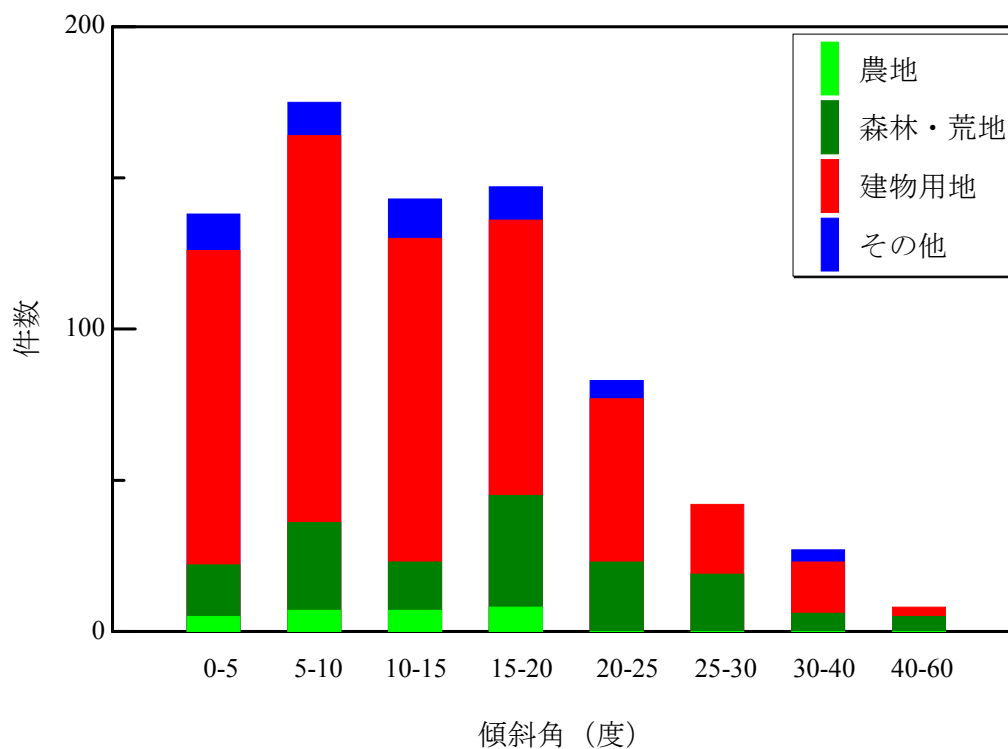


図3-2-7 傾斜角別土砂災害発生件数

### 3-2-5 降雨状況

1976年から2015年までの40年間のアメダス雨量記録について、1日の最大時間雨量を整理し、最大雨量が10 mm/h以上、15 mm/h以上、20 mm以上、30 mm以上、50 mm以上の回数（日数）をそれぞれ年ごと、観測所ごとに集計した。

各観測所について、横浜・府中・海老名は研究対象地、およびその近傍の観測所として、練馬・熊谷は豪雨地帯の観測所として比較の為に集計した。

#### （1）横浜観測所（図3-2-8）

一般に言われている50 mm/h以上の豪雨回数は、過去40年間に8回であり、経年的な増加傾向は認められなかった。

しかし、15 mm/h以上の強雨回数では、10年平均値でみると1976年～1985年は5.7回／年、1986年～1995年は6.0回／年、1996年～2005年は8.4回／年、2006年～2015年は10.3回／年と増加しており、2000年頃を境にして強雨回数が増加していることが分かった。

#### （2）府中観測所（図3-2-9）

横浜同様に50 mm/h以上の豪雨は、過去40年間に4回であり、増加傾向は認められなかった。15 mm/h以上の強雨回数も回数はやや少ないが横浜同様に増加傾向である。

#### （3）海老名観測所（図3-2-10）

50 mm/h以上の豪雨回数は最も多く15回であり、特に最近10年間は毎年確認されている。15 mm/h以上の強雨回数は横浜とほぼ同数で、増加傾向が見られる。

#### （4）練馬観測所（図3-2-11）

50 mm/h以上豪雨回数は過去40年間に14回であった。2000年頃を境に増加傾向に見えるが、経年的な増加は認められない。

15mm/h以上の強雨回数は増加傾向にあるが、横浜より回数は少ない。

#### （5）熊谷観測所（図3-2-12）

海老名と同様に50 mm/h以上の豪雨回数は15回であり、他の観測所の中で最多であるが、増加傾向は認められない。

15 mm/h以上の強雨回数は増加傾向ではあるが、横浜より回数は少ない。

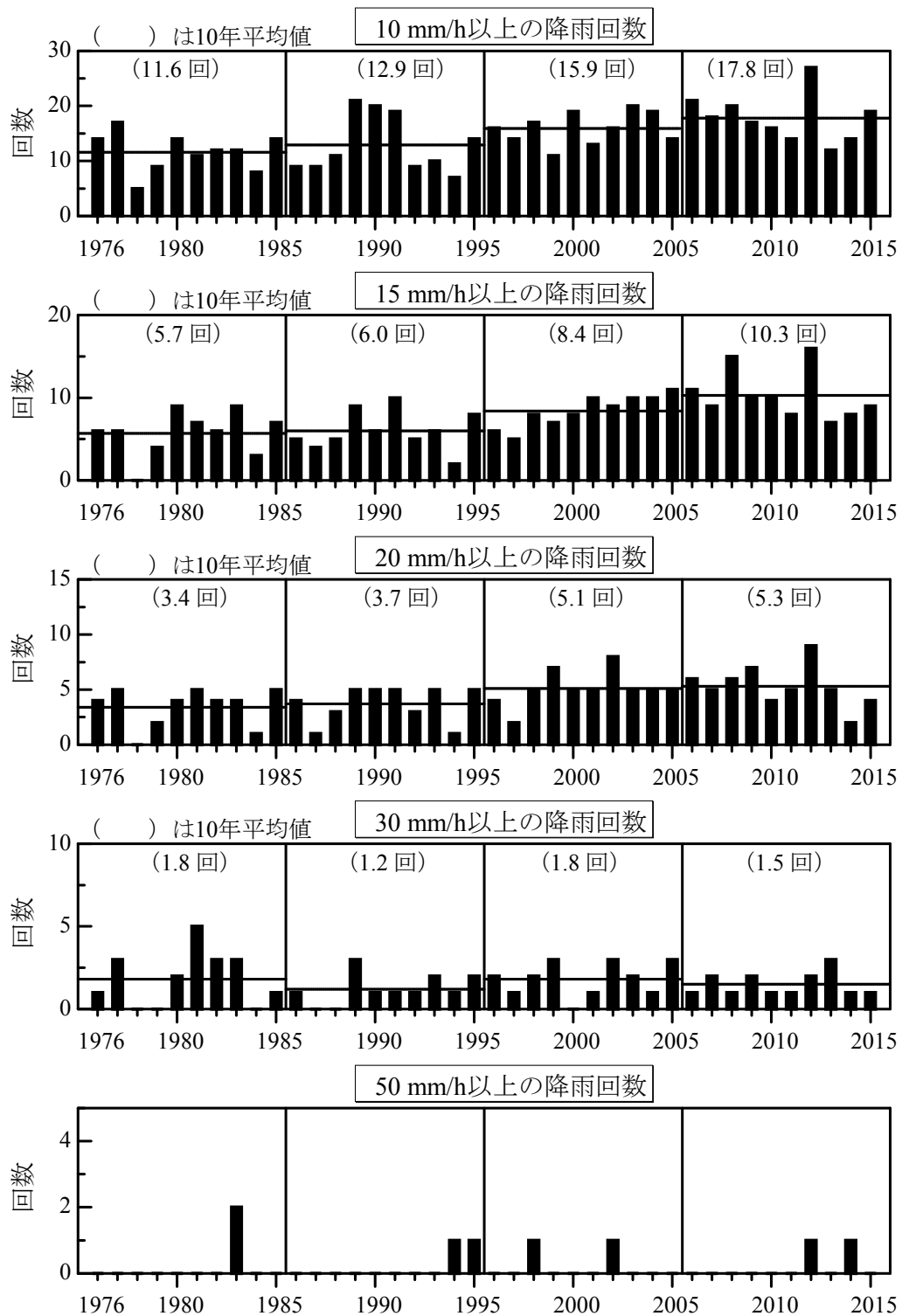


図 3 - 2 - 8 横浜観測所における降雨状況

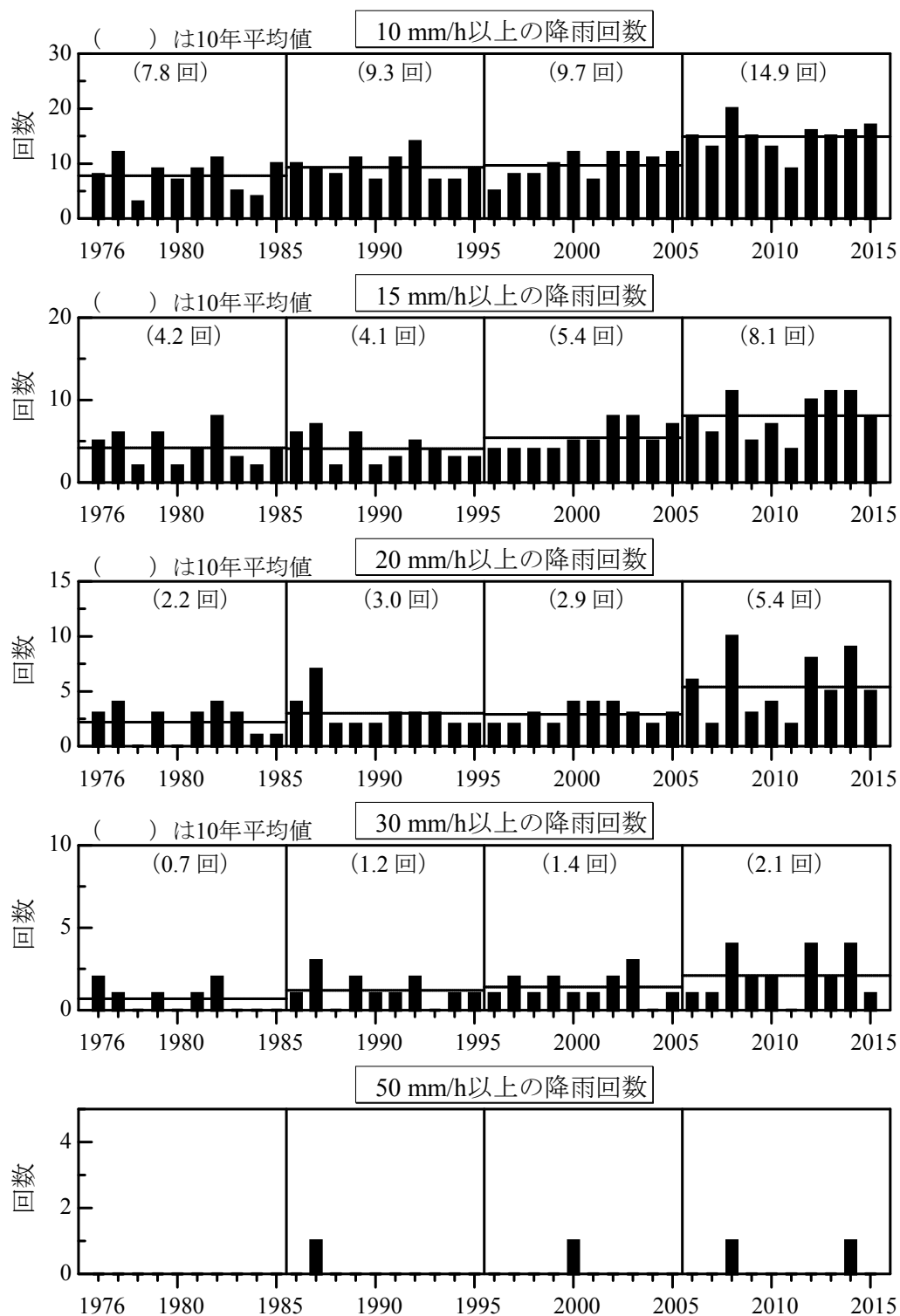


図3-2-9 府中観測所における降雨状況



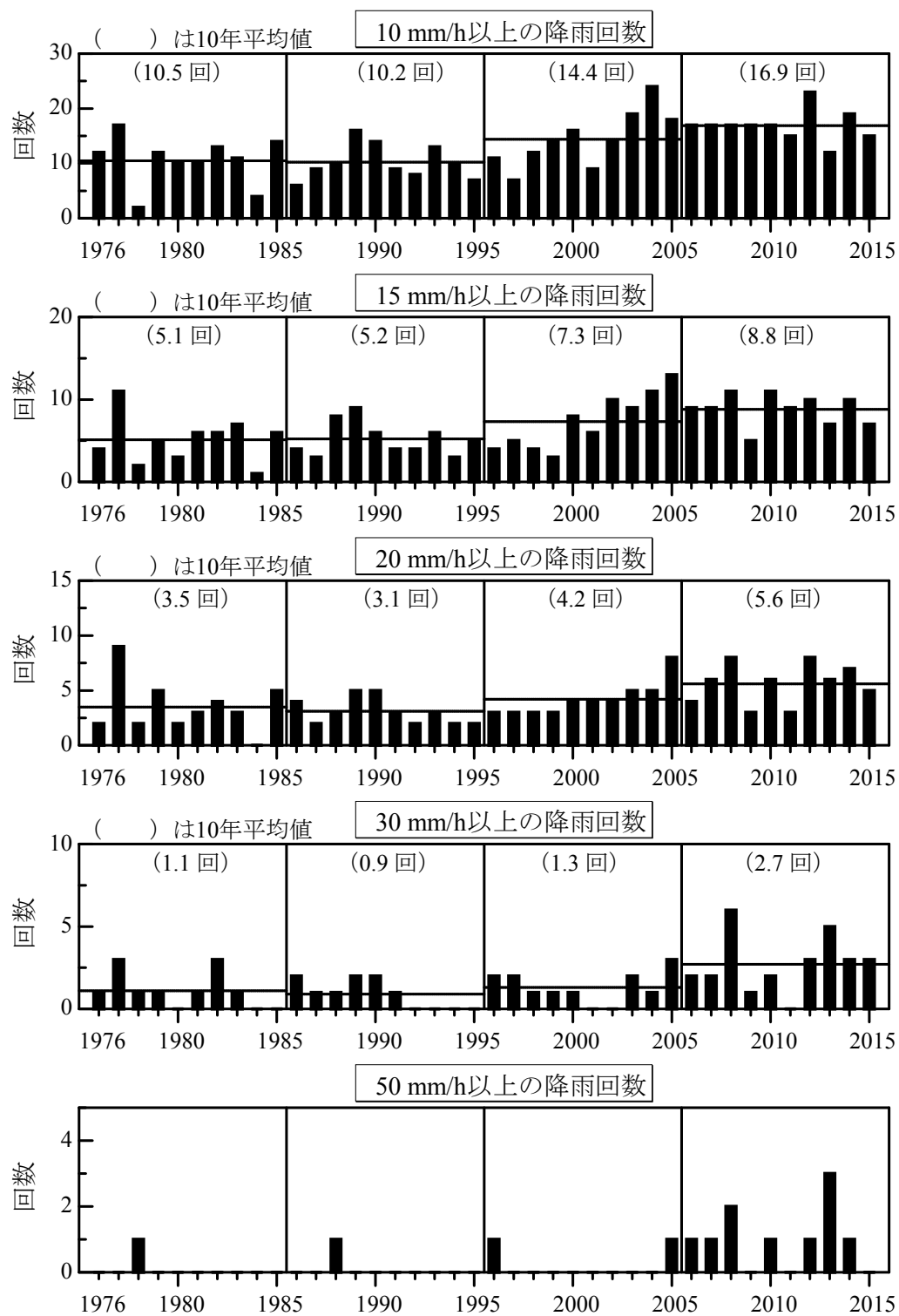


図 3 - 2 - 1 0 海老名観測所における降雨状況

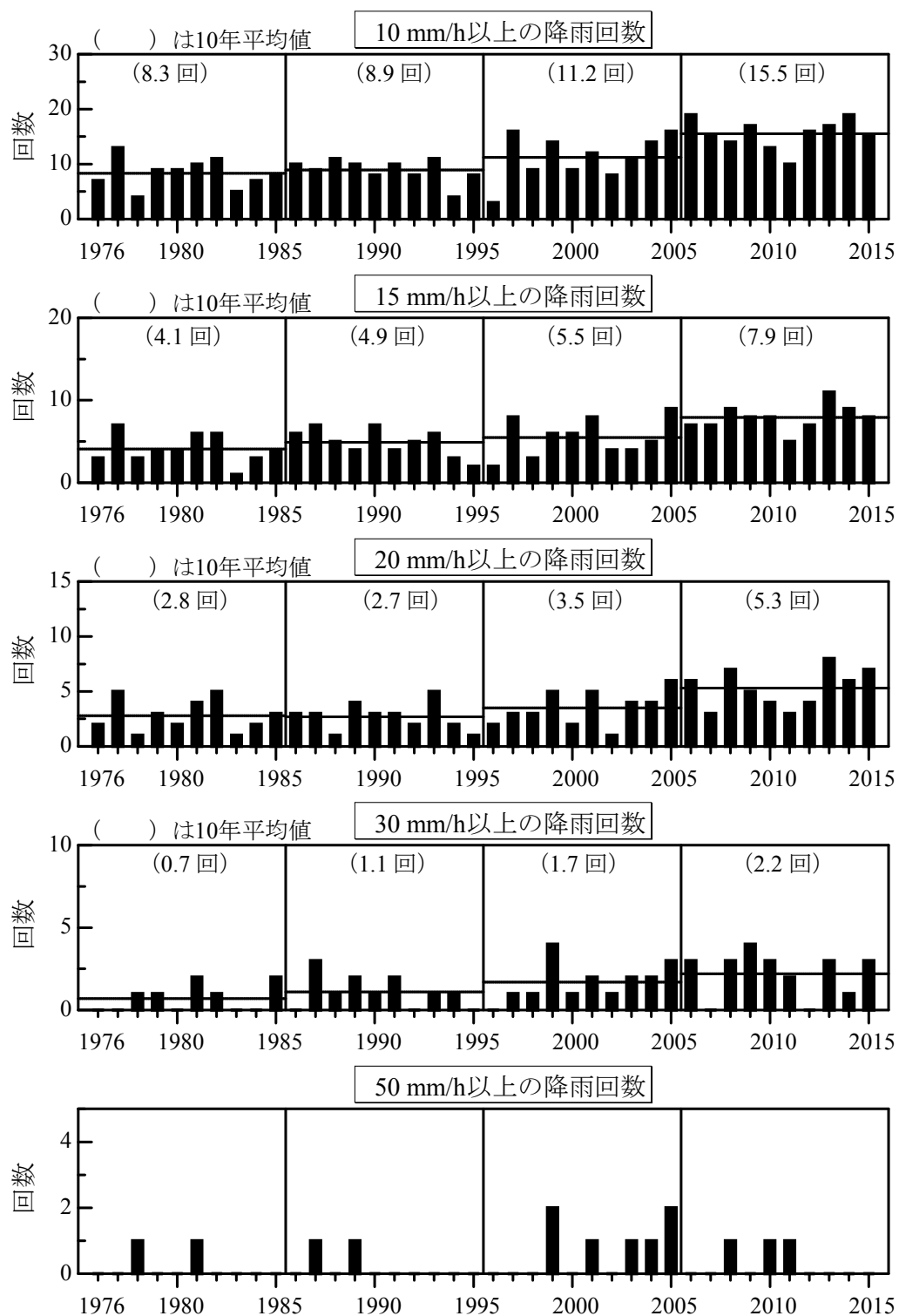


図3-2-11 練馬観測所における降雨状況

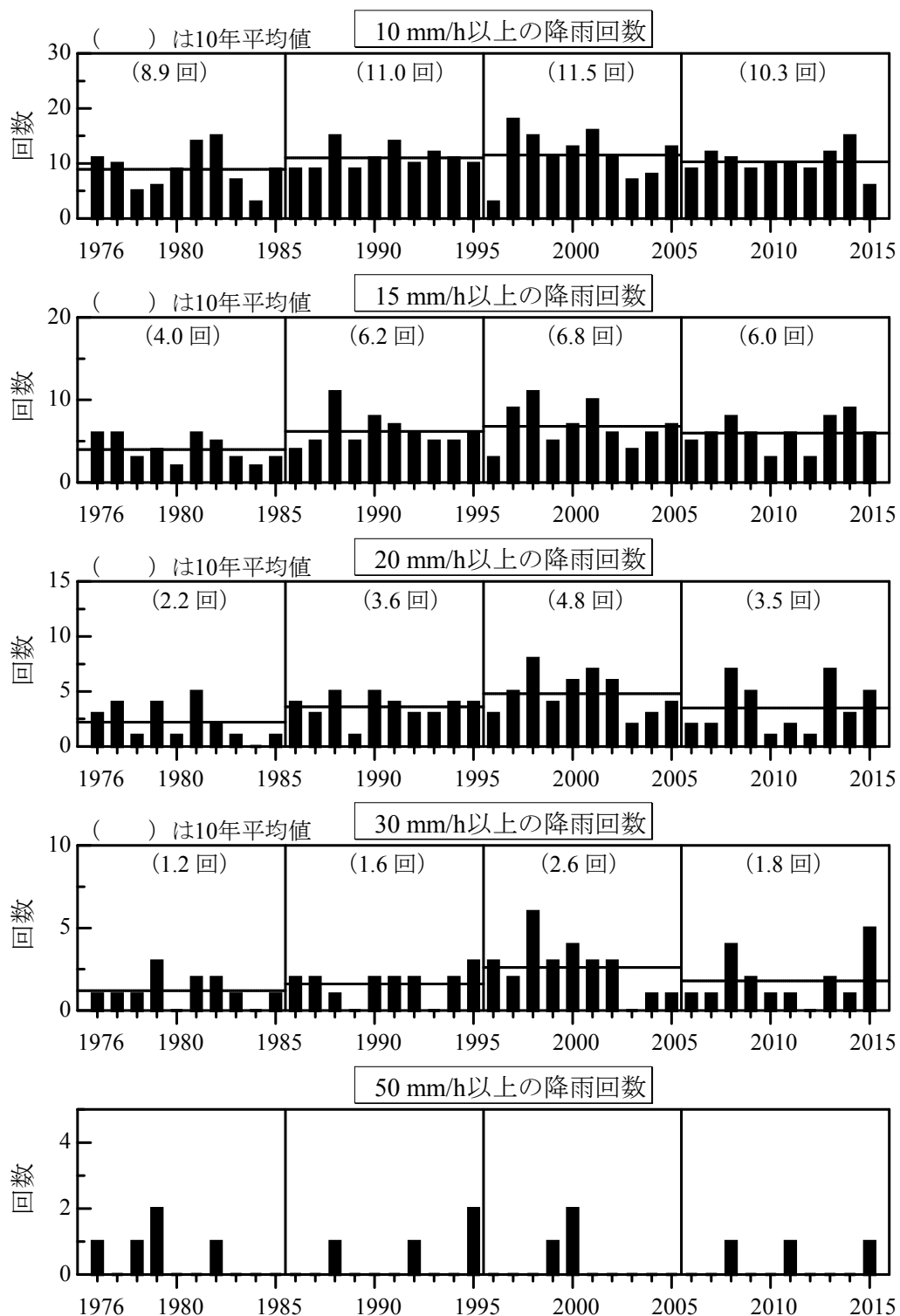


図3-2-12 熊谷観測所における降雨状況

## 第四章 考察

### 4-1 平坦地における土砂災害の検討

3-2-4における分析結果と、図3-2-7から、傾斜角が0~5度の平坦地でも多くの災害が発生していることが分かった。これは、宅地裏の崖地が崩れたためと考えられる。

そこで、土砂災害記録マップからプロットした災害地点のうち、傾斜角が0度に近い地点をピックアップし、実際に付近に崖地があるのか、地理特性を検討した。

土砂災害記録マップから入手した災害地点データは1974年から2004年の間に発生した災害地点プロットの総集であり、従って具体的に1つ1つの災害がいつ発生したかは不明なデータとなっている。そのため、30~40年前に災害が起きた地点ではすでに土地開発により現在は地形が大きく異なっている場合も考えられる。そこで、検討方法として、平坦地での災害発生箇所における過去の地理状況と現在の地理状況を衛星写真や空中写真を用いて比較した。そして、過去または現在も崖地が存在するのか調査した。

土砂災害記録マップからプロットした災害地点は全766箇所であり、そのうち傾斜角が0~1度の点を抽出したところ、16箇所であった。

そこで、該当する16地点について、次の検証を行った。

- ①選択地点が属する傾斜角ラスタの中心セルから、セル値（標高・傾斜角・土地利用）を抽出する。
- ②周囲8セルの傾斜角（12.5 m メッシュ）を抽出し、隣接セルの傾斜角値と大きな差異があるか確認する。
- ③ArcMap 内蔵の地形図、衛星写真を投影し、付近の最新の地理状況を確認する。
- ④国土地理院「地図・空中写真閲覧サービス」を用いて、同地点における過去の地理状況を確認し、現在の地理状況と比較する。

「地図・空中写真閲覧サービス」では、過去に撮影された空中写真を閲覧することができ、撮影日時も明記されている。国土地理院による公共測量や地形図作成のために撮影した空中写真や、米軍による写真が無料で公開されている。

上記の検証④において、撮影範囲が災害発生地点を含み、かつ撮影日時が1974年~2000年ごろまでの写真が存在する点を確認したところ、16箇所中3箇所が該当した。各地点の場所は地点1（横浜市南区）、地点2（保土ヶ谷区狩場町）、地点3（金沢区富岡3丁目）である。

#### 4-1-1 地点1の検証

地点1（横浜市南区中村町1付近）は川沿い50 mの位置で、現在はマンションが建っている。また根岸湾に近く、沿岸にある根岸駅から直線距離で1 km未満にあり、付近には住宅や工場が建ち並んでいる。マンションから見て川方向を正面とすると、裏手には土手がある。

地点1の標高は9.2 mであった。

図4-1に地点1セルと、隣接する8セルの傾斜角値を示す。

紙面上方向を北とすると、北東のセル値が地点1に比べて高い値を示している。

図4-2、図4-3に地点1周辺の地形図及び傾斜角コンター図をそれぞれ示す。

図4-2において、地点1の北東は高い土手になっており、土手から車道にかけて、標高は50～60 mに変化している。そのため、図4-3に示すように傾斜角は地点1の北東の土手部分で非常に高い値を示す黒色のセルとなっている。

図4-4、図4-5に、地点1周辺の空中写真と衛星写真をそれぞれ示す。

図4-4は国土地理院空中写真であり、撮影日は1978年1月である。図4-5はArcMap内蔵の衛星写真であり、最終更新は2016年1月である。

図4-4（1978年時点）では土手部分は何も整備されていないように見える一方で、図4-5（2016年時点）では土手部分が補強されていることが写真から分かる。

これより、地点1では過去に土砂災害が発生した結果、土手の補強が行われたと推測でき、実際は崖に相当するような土手がありながら、平坦地として抽出されていることが分かった。

なお、地形図・衛星写真についてはすべてArcMap内蔵のものであり、撮影日時は2016年1月である。

1.2	2.09	9.7
0.79	地点1 (0.8)	1.35
0.6	0.6	0.75

図4-1 隣接8セルの傾斜角値





図 4－2 地点 1 周辺の地形図（2016 年 1 月）

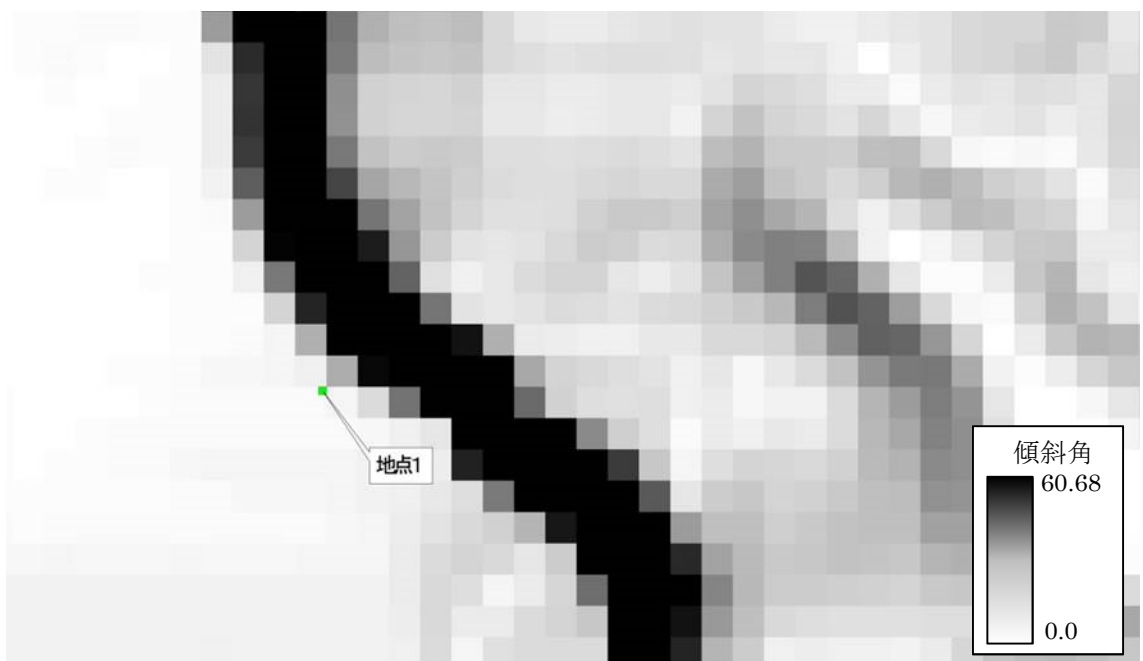


図 4－3 地点 1 周辺の傾斜角



図 4 - 4 地点 1 周辺の空中写真（1978 年 1 月）



図 4 - 5 地点 1 周辺の衛星写真（2016 年 1 月）

#### 4-1-2 地点2の検証

地点2（保土ケ谷区狩場町・狩場 IC 付近）は、保土ケ谷区にある首都高速道路狩場線狩場 IC と国道 1 号線をつなぐ連絡道路に沿うように走る側道上にある。南北に走る側道の東側の土地で、側道西側は高速道路の高架でコンクリートの絶壁になっており、東側は住宅が並び、さらに東側は高台となっている。

図 4-6 に地点 2 セルと、隣接する 8 セルの傾斜角値を示す。東側 3 セルが中央セル値と比べて値が大きい。

図 4-7、図 4-8 に地点 2 周辺の地形図および傾斜角コンター図をそれぞれ示す。

図 4-7 の地形図からは特に目立った斜面の検討はできないが、図 4-8 に示した傾斜角コンター図を見ると、住宅街に尾根を作るように、高い傾斜角を示す黒色のセルが並んでいることが分かる。

図 4-9、図 4-10 に地点 2 周辺の空中写真、衛星写真をそれぞれ示す。空中写真の撮影日は 1988 年 10 月である。これら 2 つの写真からも、崖地のような地形の判断はできなかったため、Google ストリートビューを用いて地点 2 周辺の地形を確認した。

図 4-11 は、地点 2 から南方向を撮影したストリートビューである。右側（西側）を連絡道路の高架が走っている。図 4-12 は、地点 2 から東方向を撮影したものである。

図 4-12 から分かる通り、標高に急激な差があり、付近一帯が急傾斜地であった。

これより、地点 2 に関しては、側道の標高から傾斜角が算出され低い値になったものの、実際には崖地が迫っている地形であることが確かめられた。

実際に ArcMap で標高を確認したところ、地点 2 と崖地の上を比較すると、13 m の標高差があった。

1.03	1.0	1.48
0.69	地点 2 (0.9)	3.04
0.55	0.73	5.83

図 4-6 隣接 8 セルの傾斜角値





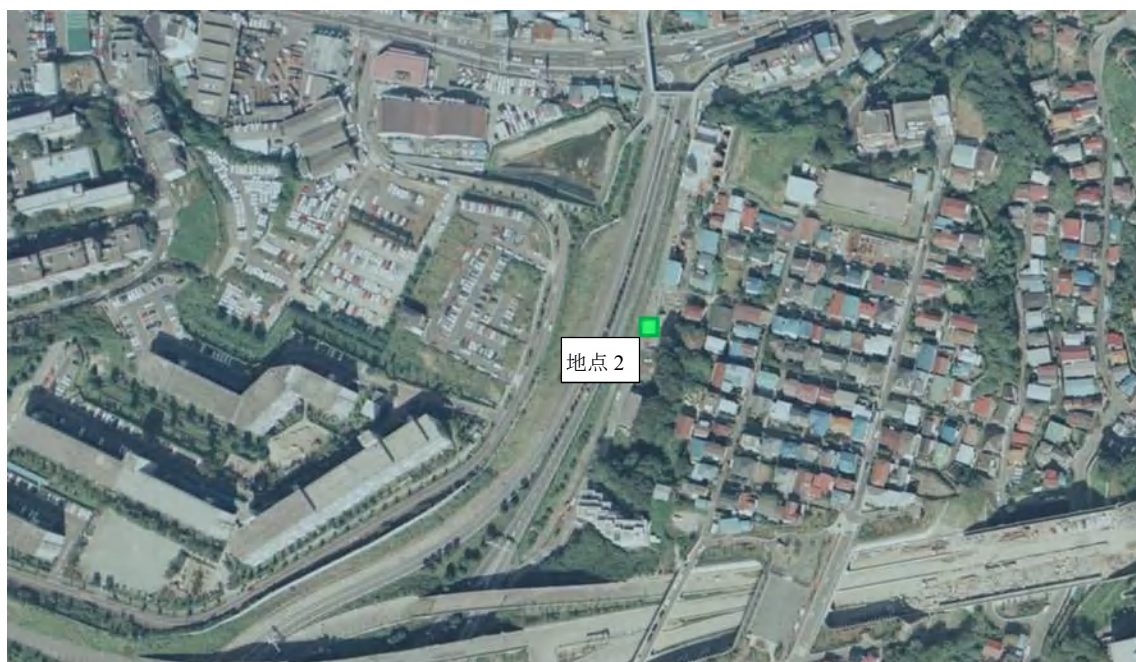


図4－9 地点2周辺の空中写真（1988年10月）



図4－10 地点2周辺の衛星写真（2016年1月）





図４－１１ 地点２におけるストリートビュー（南方向）



図４－１２ 地点２におけるストリートビュー（東方向）



### 4-1-3 地点3の検証

地点3（金沢区富岡3丁目付近）は、京急富岡駅から200mの位置にあり、駅前の商店街から一本北に外れた道路に面した住宅街の中にある。駅から近いこともあり、地点3周辺には住宅や商店が密集している。

図4-13に地点3セルと、隣接する8セルの傾斜角値を示す。北側3セルが中央セル値と比べて値が大きい。

図4-14、図4-15に地点3周辺の地形図および傾斜角コンター図をそれぞれ示す。

図4-14から分かるように、地点3の北東部には丘陵がひろがっており、南北に走る京急線がトンネルによって丘陵を縦断している。図4-15に示す傾斜角コンター図では、地点3のすぐ北側から傾斜値が高くなっている様子が分かることから、地点3およびその周辺は丘陵の南端部であることが分かる。

図4-16、図4-17に地点3周辺の空中写真、衛星写真をそれぞれ示す。空中写真の撮影日は1977年12月である。

図4-16と図4-17を見比べると、地点3の北東部の丘陵が開発され、住宅が増えている様子が分かる。しかし、地点3について崖地あるいは高台のような急激な標高変化が確認できなかったため、地点2同様にストリートビューを用いて実際の地形を確認した。

図4-18、図4-19にストリートビューを示す。

地点3は道路から少し階段を上った先にあり、ストリートビューでは確認が困難ではあったが、住宅街の中に急な階段を確認することができ、標高差があることが分かった。

地点3における標高は20mであり、地点3から真北に20mの位置の標高が30mとなっていることから、宅地の裏側に大きな標高差があることが確認できた。

4.8	5.5	5.0
0.5	地点3 (0.5)	0.2
0.15	0.1	0.05

図4-13 隣接8セルの傾斜角値



図 4 - 1 4 地点 3 周辺の地形図



図 4 - 1 5 地点 3 周辺の傾斜角コンター図



図4－16 地点3周辺の空中写真（1977年12月）



図4－17 地点3周辺の衛星写真（2016年1月）





図４－１８ 地点３付近のストリートビュー１



図４－１９ 地点３付近のストリートビュー２

#### 4－1－4 検証結果のまとめ

平坦地における土砂災害発生地点について、地点1から地点3までの検証結果によって、宅地の裏に崖地や高台等があり大きな標高差が存在し、それらが崩壊することによって災害が引き起こされた可能性があることが分かった。

本研究では、災害地点の傾斜角を抽出する際に、災害地点が存在しているセルの傾斜角値を選択した。つまり、地点のすぐ近くに崖や高台が存在していても、その傾斜角が災害発生地点に反映されておらず、平坦地で災害が発生しているという結果を得た。

そこで、裏手の崖や急な土手を反映させるために、災害発生地点の周囲の傾斜角を探索できるよう、傾斜角抽出方法の再検討を行った。

## 4-2 傾斜角抽出方法の再検討

### 4-2-1 バッファ処理

4-1で示した様に、本研究では土砂災害発生地点の存在するセルの傾斜角値を抽出し、災害地点の傾斜角とした（図4-2-1）。

そこで、地点の周辺セルを探索対象として拡大するために、抽出方法の再検討を行った。

対象となる災害地点を中心としてバッファ距離を半径とする円形ポリゴンを作成し、ポリゴンに含まれるセル値をすべて抽出し、その中の最大値を災害地点の傾斜角値とした（バッファ処理）。図4-2-2にバッファ処理のイメージ図を示す。

バッファ距離は、セルサイズが12.5 mであることを考慮して、12.5 m, 15 m, 17.5 m, 20 m, 25 mの5パターンで試行した。



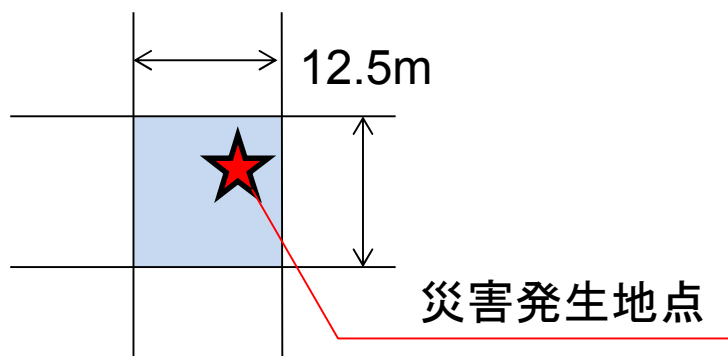


図 4 - 2 - 1 災害発生地点

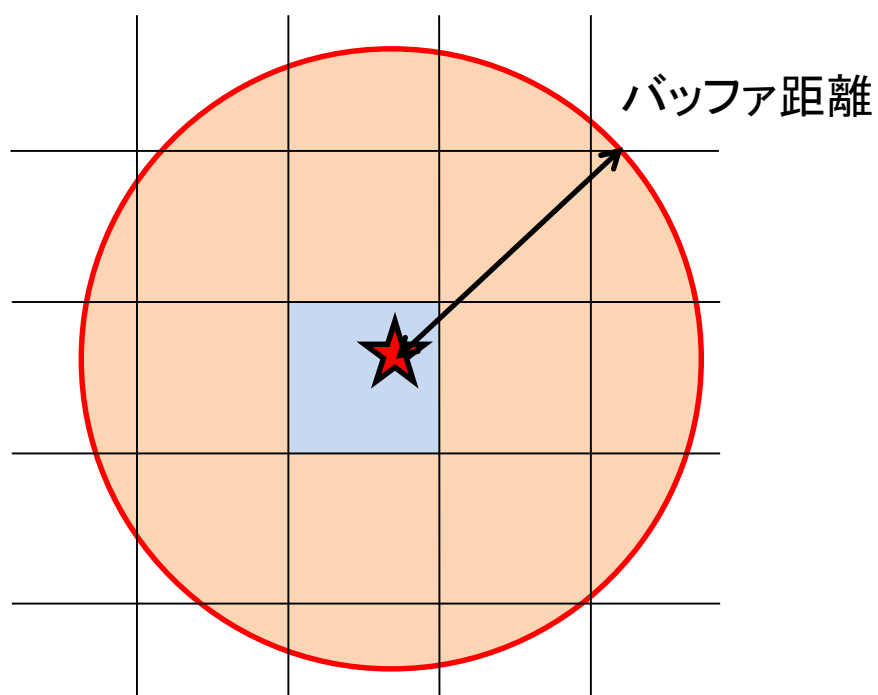


図 4 - 2 - 2 バッファ処理イメージ

#### 4-2-2 バッファ処理結果

バッファ処理によって得られた傾斜角ごとの災害発生件数と、従来の方法での災害発生件数の比較を行った。

バッファ距離に応じて、抽出セル数、平均抽出セル数は表 4-2 に示す様になった。

図 4-2-3 から図 4-2-7 に、それぞれ 5 パターンの距離で試行したバッファ処理から得られた災害発生件数と、従来の検索方法により得られた災害発生件数を比較する棒グラフを示す。横軸が傾斜角、縦軸が災害発生件数を示している。

バッファ距離が 12.5 m から 20 m については、平坦地 (0~10 度) における件数が激減し、急傾斜角 (20~30 度) の件数が増加していた。また 25 m の結果は、20 m の結果と比べると、平坦地の件数はさほど変化せず、急傾斜地の件数が増加していることから、20 m の結果からさらに広範囲で傾斜角を抽出し、より高い傾斜角を抽出した結果であると考えられる。

これより、表 4-2 に示した平均抽出セル数からも考慮して、バッファ距離を 20 m に設定して探索を行った結果 (図 4-2-6) が災害地点の周囲 8 セルの値を反映しており、宅地裏の崖地傾斜角を含めて探索するのに最適であることが分かった。

バッファ距離 20 m による再抽出結果から、傾斜角 15~25 度の急傾斜地で土砂災害が頻発していることが分かった。

表 4-2 各バッファ距離に対する抽出セル数、平均抽出セル数

バッファ距離	抽出セル数(個)	平均抽出セル数 (個)
12.5 m	2~4	3.13
15 m	4~6	4.49
17.5 m	4~7	6.12
20 m	7~9	7.95
25 m	10~14	12.34

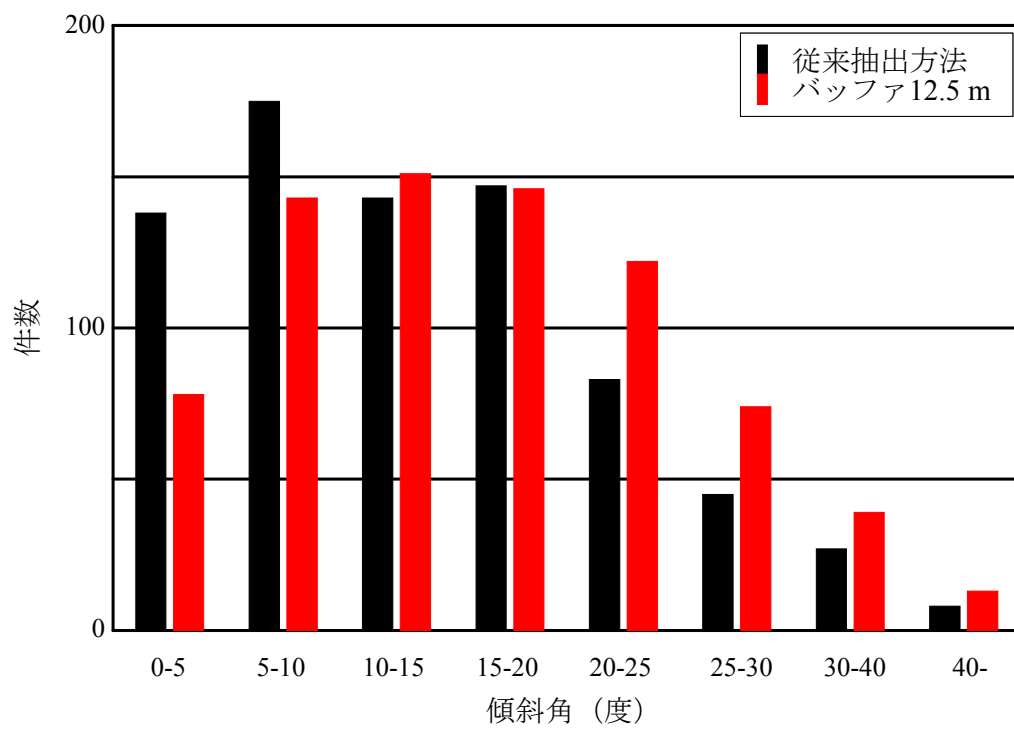


図 4 - 2 - 3 災害発生件数 (バッファ距離 12.5 m)

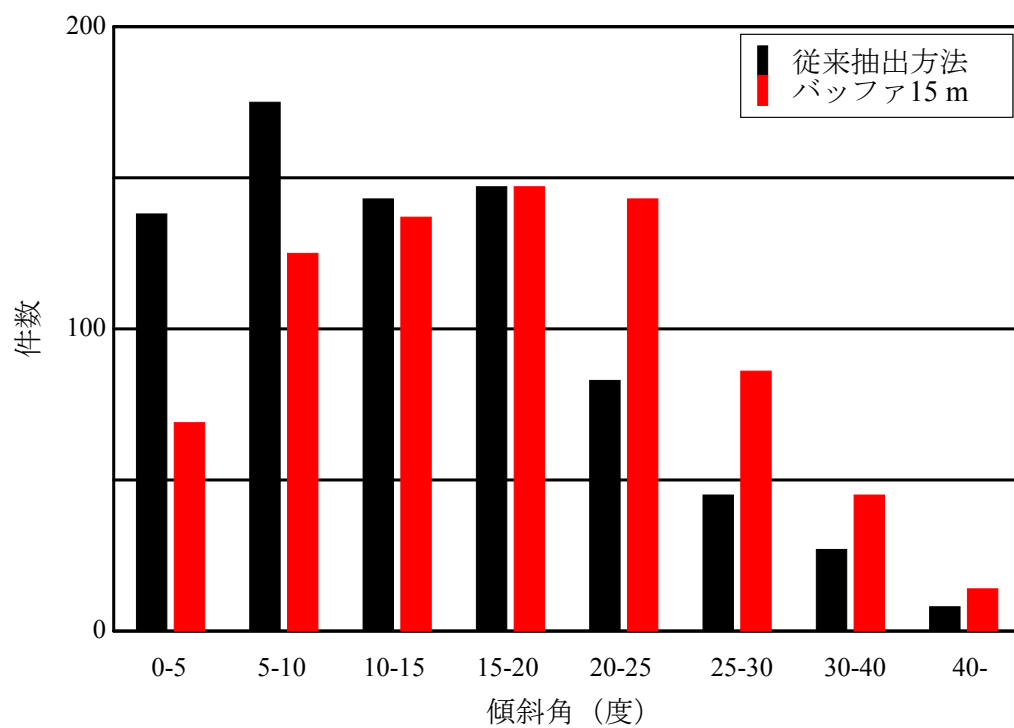


図 4 - 2 - 4 災害発生件数 (バッファ距離 15 m)

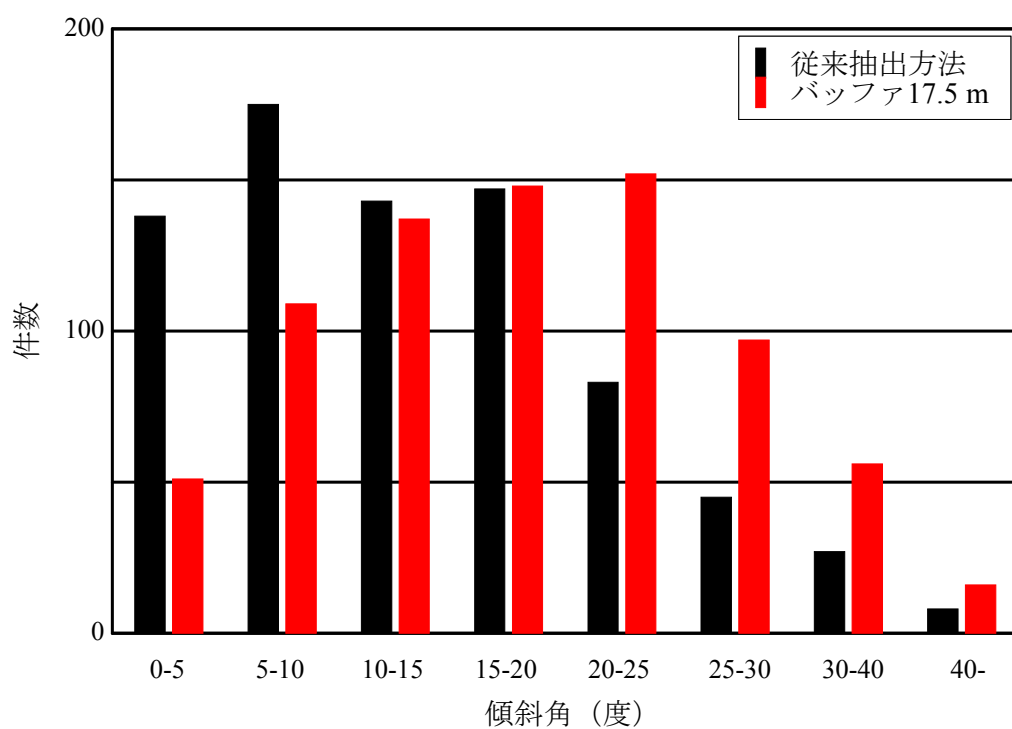


図 4 - 2 - 5 災害発生件数 (バッファ距離 17.5 m)

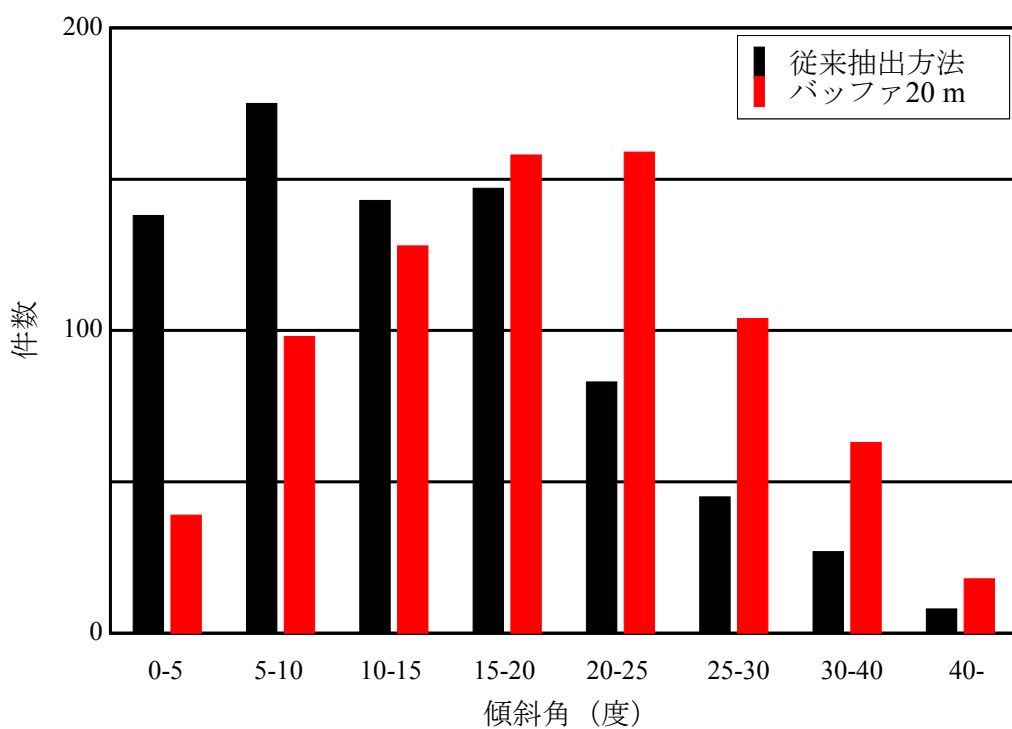


図 4 - 2 - 6 災害発生件数 (バッファ距離 20 m)

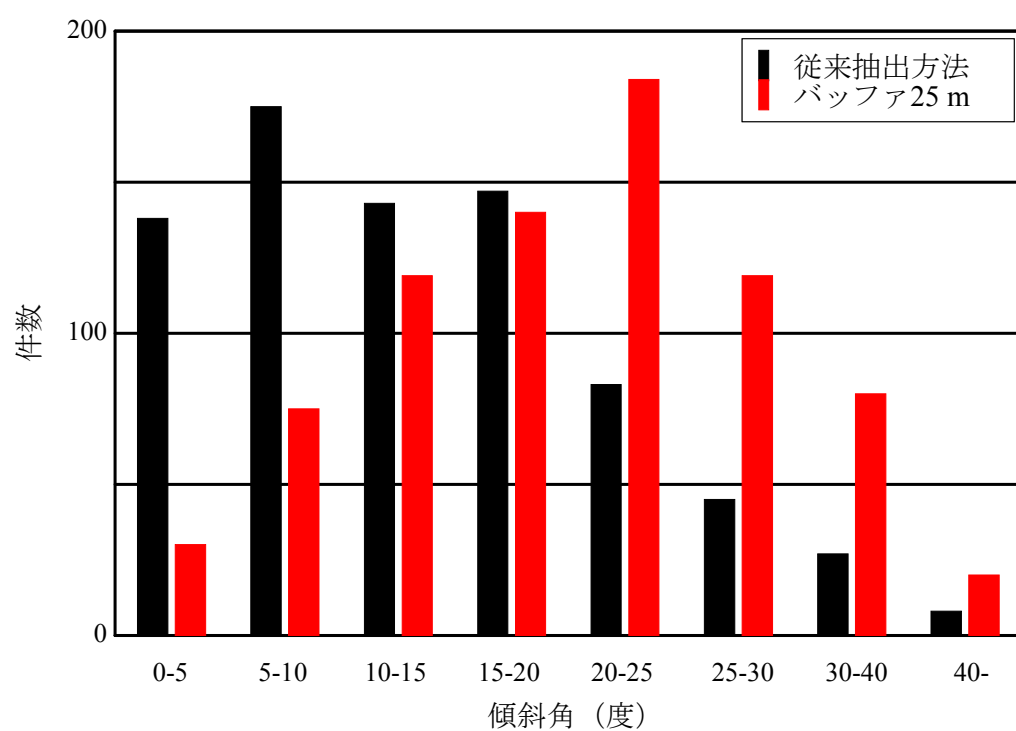


図 4 - 2 - 7 災害発生件数 (バッファ距離 25 m)



#### 4-2-3 バッファ 20 m 結果の内訳

バッファ距離を 20 m に設定した再抽出結果（図 4-2-6）について、従来の傾斜角抽出結果で色分けした棒グラフを図 3-2-8 に示す。横軸が傾斜角、縦軸が災害発生件数を示している。

従来 0～5 度であった災害地点の半分以上が 5～10 度に反映され、従来 5～10 度であった災害地点も半分以上が 10～15 度に反映されていることがわかる。その他の角度域についても概ね同様の傾向があった。

急傾斜地（傾斜角 15 度以上）に着目すると、傾斜角 15～20 度のうち、その場所（災害発生地点）が急（傾斜角 15 度以上）であるのは 36 %、裏山が急であるのは 64 %であり、また傾斜角 20～25 度のうち、その場所が急（傾斜角 15 度以上）であるのは 64 %で、裏山が急であるのは 36 %であることが分かった。

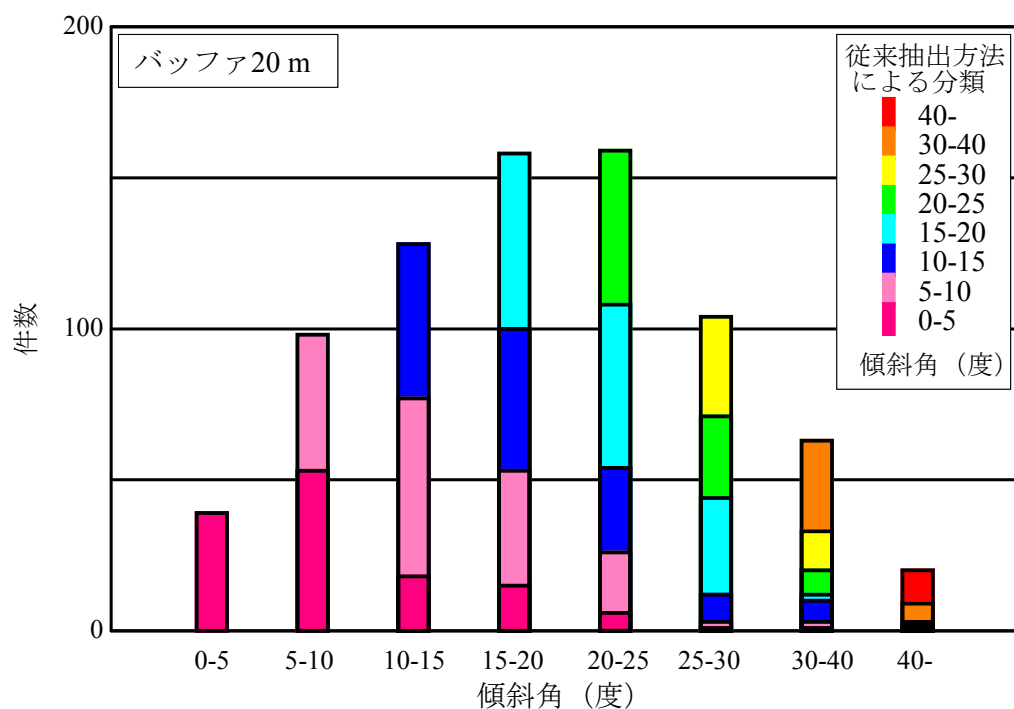


図 3-2-8 バッファ 20 m 結果の内訳

#### 4－3 降雨状況の考察

横浜市では過去 40 年間を通して、一般的に豪雨と呼ばれるような 1 時間 50 mm を超える降雨回数は 8 回であり、経年的な増加は認められなかった。

そこで、15 mm/h 以上、20 mm/h 以上の強雨回数として整理し直したところ、10 年平均値は経年的に増加傾向であることが分かった。

また、研究対象地域内の他の観測所として海老名、府中の観測所のデータを、豪雨地帯として練馬、熊谷観測所のデータも集計したが、同様の結果を得た。

いずれの観測所の集計結果についても、15 mm/h 以上、20 mm/h 以上の強雨回数は増加傾向であった。

## 第五章 まとめ

本研究では、神奈川県横浜市と川崎市を対象として、市街地における地形と土地利用について分析し、豪雨災害について考察を行った。標高 DEM、傾斜角メッシュ、土地利用、土砂災害発生地点の関係性を、GIS を用いて空間解析し傾斜角値を基に整理した。また過去 40 年間の降雨状況について整理し、空間解析結果と合わせ、都市における豪雨災害の今後の見通しについて考察した。

### （１）傾斜角と地形、土地利用変化の対応

標高 DEM データから GIS を用いて傾斜角を算出した。

次に、土地利用の経年変化として、30 年間にわたる土地利用データを傾斜角ごとに整理し、斜面における宅地開発状況を考察した。その結果、すべての傾斜角において、建物用地面積が増加している一方で、森林・農地面積が減少している結果を得た。

特に傾斜角の小さい 0～10 度の平坦地でその傾向は顕著であり、面積割合では建物用地が 40%から 60%に増加している一方で、森林・農地は 20%から 10%未満まで半減していた。

また傾斜角 20 度以上の急傾斜地では 1976 年から 2006 年にかけて宅地面積が 3 倍に増加していた。

このことから、斜面地における宅地開発が明確に進行していることが示された。

### （２）傾斜角と災害発生地点の対応

過去約 30 年間にわたる土砂災害発生地点の記録を GIS に取り込み、傾斜角ごとに分類を行った。また、発生地点における土地利用種別情報を抽出し、土地利用実態も分析した。

その結果、0～20 度の平坦地での災害件数が突出して多く、最も件数が多かったのは傾斜角が 5～10 度の範囲であった。5～10 度の範囲での土地利用はどの年代でも建物用地の割合が最も高く、したがって宅地や宅地そばで発生した土砂災害が多いことが推察された。

### （３）傾斜角抽出方法の再検討

本研究では平坦地での災害件数が多い結果を得た。

しかし、多くの災害発生地点は平坦地にあり、実際に地形を確認した結果、すぐそばに崖地等の急傾斜が存在していることが確認された。

そこで、災害地点における傾斜角抽出方法の再検討として、バッファ処理による傾斜角探索範囲の拡大を行った。その結果、土砂災害は傾斜角 15～25 度の範囲に集中している結果が得られた。また、そのうちその場所が急である（15～25 度）のは 51 %であり、裏山が急であるのは 49 %であった。

#### （４）降雨状況のまとめ

過去 40 年間における気象庁アメダス雨量記録を整理し、日ごとの最大時間雨量を整理した。その結果、一般的に集中豪雨と言われ、土砂災害発生の危険性が急増する時間雨量 50 mm 以上の豪雨は過去 40 年間で 8 回であり、経年的な増加は認められなかった（横浜）。しかし、時間雨量 15 mm 以上の強雨回数として整理しなおすと、1976 年～1985 年は 5.7 回／年、2006 年～2015 年は 10.3 回／年と経年的な増加傾向が認められ、2000 年頃を境にして強雨回数が増加していることがわかった。

また、研究対象地近傍の観測所（海老名、府中）についても同様の結果を得られた。

さらに、豪雨地帯として、練馬・熊谷観測所のデータを集計したが、15 mm/h 以上の降雨回数はいずれの観測所よりも横浜の方が多かった。

#### （５）研究のまとめ

横浜市・川崎市では、傾斜角によらず宅地開発は経年的に進行しており、急傾斜地の宅地増加率が最も高かった。また 15～25 度の斜面、もしくは裏山での崩壊件数が最も多かった。雨量に関しては、いわゆる 50 mm/h 以上のゲリラ豪雨はそれほど発生していないが、15 mm/h 以上の強雨回数として整理し直すと、経年的に増加傾向であった。斜面開発により土砂災害は多く発生している。

これらのことから、今後地球温暖化等の影響によりゲリラ豪雨が首都圏南部でも増加するようになれば、さらに災害の危険性が増す可能性があると考えられる。

## 参考文献

- 沖村孝（2009）：豪雨による斜面災害，地盤工学会誌，第 57 巻，pp.54-61
- 奥西一夫（2013）：ゲリラ豪雨災害－2012 年京都南部の集中豪雨による災害－木幡・五ヶ庄地区の水害と宅地等の開発との関連，月刊地球，第 35 巻，pp.470-482
- 釜井俊孝・守随治雄（2002）：斜面防災都市－都市における斜面災害の予測と対策－，古今書院
- 河邑眞・辻野和彦・辻子裕二（2004）：高分解能衛星画像と森林 GIS を用いた 2000 年東海豪雨による土砂崩壊の特性分析，自然災害科学 JJSNDS，第 23 巻，pp.245-258
- 下河敏彦・稲垣秀輝・大久保拓郎（2009）：都市の安心・安全な斜面維持の取り組み，日本地すべり学会誌，第 46 巻，No.2，pp.90-96
- 鈴木雅一・小橋澄治（1982）：がけ崩れ発生と降雨の関係について，砂防学会誌「新砂防」，第 34 巻（通巻 121 号），No.2，pp.16-26
- 田村俊和・阿部隆・宮城豊彦（1978）：丘陵地の宅地造成と地震災害，第 15 回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集，pp.321-324
- 永谷言・水野直弥・石田裕哉・小澤和也・寶馨（2012）：分布型流出モデルの斜面崩壊予測への応用：土木学会論文集 F5，第 68 巻，No.1，pp.16-26
- 宮武誠・三船修司（2005）：豪雨による斜面崩壊に及ぼす地下水流動特性，水工学論文集，第 49 巻，pp.55-60
- 吉田聡・稲垣景子・古屋貴司・佐土原聡（2012）：図解!ArcGIS10<Part1>身近な事例で学ぼう，古今書院
- 川崎昭如（2014）：図解!ArcGIS10－ジオデータベース活用マニュアル，古今書院
- 小口高・小松安希・小口千明・佐藤一幸 訳（2004）：GIS と地球表層環境，古今書院



国土交通省国土政策局国土情報課：土地利用細分メッシュデータ，国土数値情報ダウンロードサービス

<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/jpgis/datalist/KsjTmplt-L03-b.html>

国土交通省気象庁：アメダスで見た短時間強雨発生回数の長期変化について

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrend.html>

国土交通省気象庁：過去の気象データ検索

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?sess=6ef525a9cdef28cea634ce58ca736e68>

国土交通省気象庁：雨の強さと降り方

[http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo\\_hp/amehyo.html](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/amehyo.html)

国土交通省砂防部：都道府県別土砂災害発生状況

[http://www.mlit.go.jp/river/sabo/taisaku\\_syojoho/dosyasaigai\\_hasseijokyo.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/sabo/taisaku_syojoho/dosyasaigai_hasseijokyo.pdf)

国土地理院：基盤地図情報ダウンロードサービス

<http://fgd.gsi.go.jp/download/>

国土地理院：細密数値情報（10 m メッシュ土地利用）のダウンロード

<http://www1.gsi.go.jp/geowww/LandUse/saimitsudr.html>

神奈川県県土整備部砂防海岸課：土砂災害記録マップ

<http://www.pref.kanagawa.jp/osirase/sabo/bousai/kiroku/52map.html>

神奈川県座間市：土砂災害警戒区域

<https://www.city.zama.kanagawa.jp/www/contents/1397717892811/index.html>

ArcGIS：ArcGIS 10.2.2 for Desktop，Esri 社

<http://www.esri.com>

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、指導教官である首都大学東京大学院都市環境科学研究科都市基板環境学域、環境水理学研究室、横山勝英准教授には、学部4年生の時から3年間にわたりデータの取り扱い方法から解析手法、論文執筆や研究に臨む姿勢に至るまで、幅広くご指導を賜りました。また、研究面だけでなく、私生活面においても、怠けやすい私に対していつも優しく、時に厳しく指導のお言葉をいただき、心より感謝しております。迷走しがちな私にいつも的確なアドバイスをして頂き、そのおかげで本論文を完成させることができました。

また、同大学院の河村明教授、小田義也准教授には本論文の審査を引き受けて頂き、貴重な助言を頂きました。心より感謝致します。

同大学院、水文学研究室、天口英雄助教授には、GISの使用や解析方法、処理データの活用方法からプログラミングまで、他の研究室内の学生でありながら、手厚く指導をいただきました。本当にありがとうございました。

また同研究室、博士後期課程3年の田内裕人さんには、ご自身の博士論文がお忙しい中、ArcGISの基本的な使い方の指導をいただき、また夜遅くまで解析方法を一緒に考えていただきました。本当にありがとうございました。

同大学院環境水理学研究室、福島慶太郎特任教授は、研究の合間においしい紅茶やコーヒーを淹れてくださり、雑談や相談ごとを通して気分をリフレッシュさせてくださいました。おかげでいつも楽しく研究ができました。ありがとうございました。

Gubash 特任教授は、いつも会うたびニコニコ話しかけてくださり、ありがとうございました。Gubashさんと英語でコミュニケーションをとることで頭がリフレッシュされ、新たな気持ちで研究に臨むことができました。

事務員の舛崎由美子さんには、研究室で必要な備品の発注や会計作業などをしていただき、普段から快適な研究環境をサポートしてくださっている事に変え感謝しております。

首都大学東京環境水理学研究室の皆様にも大変お世話になりました。特に同期である富田遼平さん、上田博茂さん、若生優紀さんには、4年生の時から3年間、本当にお世話になりました。いろいろと失敗と迷惑ばかりかけてきましたが、いつも笑顔で接して下さり、また一緒に授業課題や研究に取り組み、とても有意義で快適な3年間を過ごすことができました。辛い研究生活に耐え、乗り切ることができたのは、素晴らしい同期に恵まれたおかげであると思っています。これから社会に出てもいつかまた集まったらいいなと思っています。

修士1年の松村健史さん、穂刈健太郎さん、阿部真央さんには、主に研究室運営の面で世話になりました。先生から全体への連絡調整や飲み会の企画、夏合宿の運営などありがとうございました。来年、素晴らしい論文ができあがることを楽しみにしております。

学部4年生の芝崎麗央さん、橋本和磨さん、松永真弥さん、柳亮輔さんには、研究室生

活のサポートの面でお世話になりました。コピー用紙やトナーの補充，コーヒーの購入など，研究室における雑用で細かい仕事をきちんとこなしていただきありがとうございました。来年からもより一層のご活躍を期待しております。

研究員である曹路さんは，いつも明るい笑顔で話しかけてくださり，研究室を明るくするムードメーカーでした。そしていつも料理を振る舞ってくださいました。曹さんが作ってきて下さる中華料理の味は格別で，研究で疲れた体に染み渡り，再び研究に打ち込むためのエネルギーになりました。本当にありがとうございました。

本当に多くの方々のご協力の上で本研究を完成させることができました。深く感謝致します。

最後に，私の長い大学生活を経済的に支え，大学院への進学も快諾してくださり，いつも遠くから応援して下さった両親に深く感謝し，本研究の謝辞と致します。